

Aus dem Zoologischen Museum der Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. B. Peyer

Beiträge zur Kenntnis des Ichthyosauriergebisses

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
medizinischen Fakultät der
Universität Zürich

vorgelegt von

ALBERT BESMER

von Oberägeri

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. W. Hess

Zürich 1947

Aus dem Zoologischen Museum der Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. B. Peyer

Beiträge zur Kenntniss des Ichthyosauriergebisses

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
medizinischen Fakultät der
Universität Zürich

vorgelegt von

ALBERT BESMER

von Oberägeri

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. **W. Hess**

Zürich 1947

Separatabdruck aus
Band 65 der Schweizerischen Palaeontologischen Abhandlungen,
herausgegeben von einer Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft



Vorwort.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit verdanke ich meinem verehrten Lehrer Prof. Dr. W. Hess, auf dessen Veranlassung mir Prof. Dr. B. Peyer das Thema zur Bearbeitung übergab. Ich möchte Prof. Peyer für die weitgehende Hilfe, die er mir zuteil werden liess, aufs beste danken. Dem Kuratorium der Georges und Antoine Claraz-Schenkung bin ich für die Erlaubnis zur Untersuchung des wertvollen Tessiner Fossilienmaterials zu Dank verpflichtet und ferner dafür, dass die Arbeit in der Serie Zoologie der Publikationen der genannten Schenkung erscheinen kann. Von der Bayerischen Palaeontologischen Staatssammlung wurden mir in dankenswerter Weise Originalpräparate von F. Bauer zur Verfügung gestellt. Ein Schnauzenstück eines Ichthyosaurus, das sich bei der Anfertigung von Serienschliffen als nützlich erwies, verdanke ich dem Leiter des Blindenmuseums in Zürich, Herrn Th. Staub. Für die Anfertigung von Röntgenaufnahmen habe ich Prof. Dr. H. R. Schinz zu danken und sodann gilt mein Dank Prof. Dr. E. Rüst, Photogr. Institut der E.T.H., der die Anfertigung der mikrophotographischen Aufnahmen durch seinen wertvollen Rat förderte. Alle photographischen Arbeiten, sowie die Zeichnungen wurden durch Praeparator J. Aichinger mit grosser Sorgfalt ausgeführt; auch ihm gilt mein Dank. Zufolge von kriegsbedingten Hindernissen zog sich die Fertigstellung der Arbeit wesentlich länger hinaus, als vorauszusehen war.

A. Besmer.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507217_0008

Einleitung und Literaturübersicht.

Vereinzelte Reste von Ichthyosauriern sind schon in den Frühzeiten der Paläontologie unter allen möglichen Bezeichnungen beschrieben und abgebildet worden; eine genaue Kenntnis dieser Fische ergab sich erst aus dem Studium der trefflichen Funde von Ichthyosauriern aus dem unteren Lias von England, denen namentlich W. D. CONYBEARE (1821 und 1822) eine gründliche Untersuchung widmete. Schon in dieser Arbeit findet sich eine eingehende Beschreibung des Gebisses, in der hervorgehoben wird, dass die Zähne nicht in Alveolen stecken, sondern in einer durchgehenden Rinne der Kieferknochen, des Prämaxillare und des Maxillare oben, des Dentale unten, durch Bindegewebe befestigt waren. Auch die Art des Zahnwechsels wird in zutreffender Weise geschildert. Neben den englischen Ichthyosaurierfunden aus dem unteren Lias erlangten bald vorzügliche Funde aus dem oberen Lias der Gegend von Boll in Württemberg, sowie aus der Nähe des am Main gelegenen Klosters Banz Bedeutung. Sodann mehrten sich die Ichthyosaurierfunde aus dem oberen Jura und aus der Kreide. In der 1840—1845 erschienenen „Odontography“ gab RICHARD OWEN eine zusammenfassende Darstellung des Ichthyosauriergebisses mit speziellen Angaben über die Differenzen in der Form und in der Anzahl der Zähne bei den damals bekannten Ichthyosaurusarten, sowie mit einer eingehenden Beschreibung des mikroskopischen Baues der Zähne. Besondere Aufmerksamkeit widmet R. OWEN der Faltung des Dentines im basalen Abschnitt des Ichthyosaurierzahnes; er hebt hervor, dass ihm der Bau der Ichthyosaurierzähne den Schlüssel zum Verständnis des komplizierten Zahnbaues der labyrinthodonten Stegocephalen geliefert habe. Eine weitere Arbeit, die sich eingehend mit dem Gebiss der Ichthyosaurier befasst, ist diejenige von W. KIPRIJANOFF (1881). Auf zahlreichen Tafeln werden die makroskopischen Formverhältnisse, sowie an Hand von Dünnschliffen der mikroskopische Bau der Zähne von *Ichthyosaurus campylodon* Carter aus dem Sewerschen Osteolith, einer Stufe der russischen Kreide, abgebildet und beschrieben. Die Darstellung der tatsächlichen Befunde ist sichtlich mit grosser Genauigkeit erfolgt; dagegen ist die morphologische Deutung der dargestellten Verhältnisse zum Teil nicht mehr haltbar. So soll z. B. Taf. V, Fig. 1 und 2 die „Bildung des Schmelzes aus schwachem Knorpelzement“ zeigen. Im begleitenden Texte (loc. cit. pag. 56) heisst es: „Die Dentinkanälchen (mit tu bezeichnet) welche bei vollendeter Bildung einen Durchmesser von nicht mehr als 0,0004''' haben, sind, wie ersichtlich, aus Reihen verlängerter primärer Zellen (mit tu' bezeichnet), die in Kanälchen und Kalkröhrchen übergehen, entstanden, auch ihre Wände und ihr kalkiger Inhalt zu sehen.“ Die genannten Abbildungen sind so sorgfältig und offenbar naturgetreu angefertigt, dass daraus mit Sicherheit hervorgeht, dass KIPRIJANOFF einer Täuschung zum Opfer gefallen ist. Bei den betreffenden Röhrchen handelt es sich um die Bohrgänge eines Fadenpilzes, für den meist die Sammelbezeichnung *Mycelites ossifragus* Roux verwendet wird. Vgl. hiezu B. PEYER 1945. Den Sachverhalt erkannte schon F. BAUER (1898), als er bei Studien über die Ichthyosaurier des weissen Jura auf einem Dünnschliff durch einen Ichthyosaurierzahn gleichartige Bildungen vorfand; vgl. F. BAUER (1898) Taf. XXVI, Fig. 28—30.

In der dritten Auflage seines Handbuches der Petrefaktenkunde gab F. A. QUENSTEDT (1885) eine Abbildung eines auf sekundärer Lagerstätte im Bohnerz gefundenen, wahrscheinlich aus dem Malm stammenden Schnauzenfragmentes von *Ichthyosaurus*, das die Einfügung der Zähne in die tiefen Rinnen der Kieferknochen vorzüglich zeigt; diese Abbildung ist in zahlreiche Lehrbücher übergegangen. Im Handbuch der Paläontologie brachte KARL A. V. ZITTEL (1887—1890) eine zusammenfassende Darstellung der damaligen Kenntnisse der Ichthyosaurier, wobei er auch auf die von G. BAUR (1887) vorgeschlagene Abtrennung der triadischen Gattung *Mixosaurus* von der ursprünglich alle Angehörigen der Ordnung umfassenden Gattung *Ichthyosaurus* hinweist. EB. FRAAS (1891) widmete den Ichthyosauriern der süddeutschen Trias- und Juraablagerungen eine eingehende Untersuchung, in der die Differenzen im Bau und in der Befestigungsweise der Zähne von *Mixosaurus atavus* Qu. sp. aus dem unteren Muschelkalk von Süddeutschland gegenüber den Ichthyosauriern des Lias hervorgehoben werden. Für die genauere Kenntnis des Schädelbaues der Ichthyosaurier ist eine Arbeit von W. J. SOLLAS (1918) von Bedeutung. SOLLAS gewann durch sukzessives Abschleifen und Aufzeichnen der Schliffbilder von einem Schädel von *Ichthyosaurus communis*, var. a, aus dem unteren Lias von Lyme Regis, eine vollständige Serie von Schliffbildern, aus denen sich nach dem Plattenmodellierverfahren ein Modell herstellen liess.

Die Ichthyosaurier der Trias sind durch die Arbeiten von E. REPOSSI (1902), C. WIMAN (1910, 1912, 1916) und von J. C. MERRIAM (1906, 1908, 1911) genauer bekannt geworden. Obgleich wir die ersten Anfänge der Herausbildung der an das Meeresleben angepassten, aber zweifellos luftatmenden Ichthyosaurier aus landbewohnenden Reptilien noch nicht kennen, so hat sich doch immer deutlicher herausgestellt, dass diese Anpassung an marine Verhältnisse bei den Ichthyosauriern der früheren Trias noch nicht so weit gediehen war, wie bei den Formen des Jura und der Kreide. Dies lässt sich namentlich aus dem Bau der Gliedmaßen erweisen, die, obwohl schon sichtlich zu Rudern geworden und eine grosse Zahl von Phalangen aufweisend, doch in manchen Zügen der hypothetischen terrestrischen Ausgangsform noch viel näher stehen, als die Gliedmaßen der nachtriadischen Ichthyosaurier. Dasselbe gilt für die Ausbildung der vertikal gestellten Schwanzflosse; vgl. hierzu z. B. die zusammenfassende Darstellung bei O. ABEL (1919). Wenn auch zur Zeit die erste Wegstrecke der Umwandlung vom landlebenden zum delphinmäßig ans Meeresleben angepassten Reptil unbekannt ist, so lässt sich doch während des Zeitraumes, aus dem wir Ichthyosaurier kennen, d. h. von der unteren Trias bis zum Ende der Kreideperiode, eine fortschreitende Vervollkommnung der Anpassung an die marinen Existenzbedingungen erkennen. Der Richtungssinn dieser Veränderungen, die zu einer bemerkenswerten Konvergenz mit schnellschwimmenden Haien einerseits, mit Cetaceen andererseits geführt haben, ist ganz unverkennbar. Durch die Untersuchungen von EB. FRAAS, von J. C. MERRIAM, von E. REPOSSI und von C. WIMAN ist festgestellt worden, dass auch im Bau und in der Befestigungsweise der Zähne die Ichthyosaurier der Trias sich in bedeutsamer und mit den Veränderungen des Skelettes in Einklang befindlicher Weise von den Ichthyosauriern des Jura und der Kreide unterscheiden. Während bei diesen die Zähne in durchgehenden offenen Rinnen liegen, sind bei Triasichthyosauriern zum Teil noch Alveolen nachweisbar, in denen die einzelnen Zähne stecken. Dies ist nach J. C. MERRIAM (1908) der Fall bei *Cymbospondylus petrinus* Leidy, während bei *Merriamia* und bei *Shastasaurus*, von denen das Gebiss noch nicht vollständig bekannt ist, die Zähne in offenen Gruben liegen. J. C. MERRIAM hält es aber für möglich, dass in noch nicht bekannten Partien des Gebisses unvollkommene Alveolen vorhanden waren. Sodann ist die Faltung des Dentines bei den Triasichthyosauriern bedeutend weniger kompliziert, als bei denjenigen des Jura und der Kreide; es soll im folgenden gezeigt werden,

dass unter den Triasichthyosauriern auch Formen mit völlig ungefaltetem Dentin vorkommen. Auch der Anteil der Substantia ossea am Aufbau des Zahnes ist, wie schon J. C. MERRIAM (1908) für *Cymbospondylus* hervorgehoben hat, bei den Ichthyosauriern der Trias bei weitem nicht so gross, als bei den späteren Ichthyosauriern. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist nun, durch Untersuchung von *Mixosaurus* und eines weiteren Ichthyosauriers aus dem Grenzbitumenhorizont der anisischen Stufe der Trias des Monte San Giorgio im Südtessin, sowie von Ichthyosauriern aus dem Lias ϵ von Holzmaden in Württemberg zu einer, späterer Arbeit vorbehaltenen umfassenden Vergleichung der Gebissverhältnisse der Triasichthyosaurier mit denjenigen bei den Ichthyosauriern von Jura und Kreide beizutragen.

Untersuchungsmaterial und Untersuchungstechnik.

Mixosaurierreste gehören im Grenzbitumenhorizont der anisichen Stufe der Trias des Monte San Giorgio mit zu den häufigsten Wirbeltierfunden. Deshalb besitzt das Zoologische Museum der Universität Zürich dank der langjährigen Grabungs- und Sammel-Tätigkeit davon eine grosse Menge. Trotzdem ergaben sich für eine durchgreifende Untersuchung gewisse Materialschwierigkeiten. Sie hängen zum Teil damit zusammen, dass zufolge von Mangel an Magazinräumen ein grosser Teil des Mixosaurusmaterials praktisch nicht greifbar war, ferner damit, dass zur Zeit erst ein kleiner Teil der Mixosaurierfunde auspräpariert ist. Sodann stellte sich heraus, dass viele anscheinend trefflich erhaltene Stücke für die Untersuchung der Befestigungsweise und des Baues der Mixosaurierzähne deswegen nicht verwendbar waren, weil die ursprünglichen Verhältnisse teils durch blossen Schichtdruck, teils durch tektonische Einwirkungen beträchtliche Veränderungen erfahren haben. Das Ausmaß dieser Störungen liess sich erst im Lauf der Untersuchung in vollem Umfang erkennen. Auch bei den vergleichsweise zur Untersuchung herangezogenen Kieferresten von Ichthyosauriern aus dem württembergischen Lias ϵ zeigte sich, trotzdem diese Stücke aus einem Gebiete ohne bedeutende tektonische Störungen stammen, dass schon die blosse Komprimierung der Fossilreste durch Schichtdruck für die odontologischen Untersuchungen ausserordentlich ungünstig ins Gewicht fällt (siehe Textfig. 1). Eine genauere Bestimmung des verwendeten Mixosauriermaterials konnte aus dem obengenannten Grunde noch nicht vorgenommen werden; die meisten der untersuchten kleineren Kieferreste dürften zu *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. gehören, während einige sehr grosse Kieferreste bedeutende Unterschiede aufweisen und gattungsmässig von *Mixosaurus* verschieden sein dürften. Eine genauere systematische Erfassung wird erst durchführbar sein, wenn das gesamte bisher vom Zoologischen Museum der Universität Zürich beigebrachte Mixosauriermaterial präpariert sein wird.



Figur 1. *Ichthyosaurus quadrisissus* Quenst. Vertikalschnitt durch das Textfigur 3 wiedergegebene Schnauzenfragment. Die Lage des Schliffes ist auf Textfigur 4, Seite 12 durch 2 angegeben. Etwas vergrössert.

Von Ichthyosaurusresten aus dem Lias ϵ standen mir für die Anfertigung von Präparaten zur Verfügung ein Stück einer plattgedrückten Schnauze, die in ihrer Form durchaus mit einem als *Ichthyosaurus quadrisissus* bezeichneten ganzen Exemplar des Zoologischen Museums der Universität Zürich übereinstimmt und die deshalb in der vorliegenden Arbeit mit diesem Namen bezeichnet wird, ein unzerdrücktes Schnauzenfragment, das ich als *Ichthyosaurus spec.* bezeichne und schliesslich ein von Dr. B. HAUFF, Holzmaden, erworbenes Unterkieferstück von *Ichthyosaurus acutirostris*. Schliesslich standen mir dank dem Entgegenkommen von Prof. Dr. F. BROILI † für Vergleichszwecke die Schliffe zur Verfügung, die F. BAUER (1898) in seiner Arbeit über die Ichthyosaurier des oberen weissen Jura abgebildet hat.

Das Material von Ichthyosauriern aus dem Lias wurde in der Seite 12, 13 und 15 näher beschriebenen Weise in Dünnschliffe zerlegt. Von einigen Mixosaurierresten, an denen präparatorische Eingriffe nicht vorgenommen werden konnten, standen Röntgenaufnahmen zur Verfügung. Zahlreiche Mixosaurusreste konnten für die Anfertigung von Dünnschliffen verwendet werden. Ein Versuch, durch

sukzessives Abschleifen und Zeichnen der Anschliffbilder mittels des Auflichtgerätes von Zeiss ergab zufolge der obenerwähnten Beeinträchtigung durch die Fossilstücke durchsetzende Bruchflächen keine befriedigenden Resultate.

Untersuchungen an Mixosauriern.

Vom Gebiss von *Mixosaurus cornalianus* Bassani sp. hat E. REPOSSI (1902) eine Beschreibung und, auf Taf. VIII, Fig. 1—6 der zitierten Arbeit, auch Abbildungen gegeben. Eine eingehendere Untersuchung des Mixosauriergebisses auf Grund eines grösseren Untersuchungsmaterials, als es REPOSSI zu Gebote stand, steht noch aus. Auch in der vorliegenden Studie konnte aus dem Seite 6 angegebenen Grunde keine abschliessende Arbeit durchgeführt werden. Deshalb war es nicht möglich, die systematische Stellung der untersuchten Formen endgültig abzuklären. Zweifellos ist *Mixosaurus cornalianus* Bassani sp. die am häufigsten vertretene Art. Möglicherweise könnte die Aufstellung weiterer Arten notwendig werden. Sicher kommt daneben eine weitere Form vor, die einer anderen Mixosauriergattung angehören dürfte, deren Bearbeitung noch nicht abgeschlossen ist.

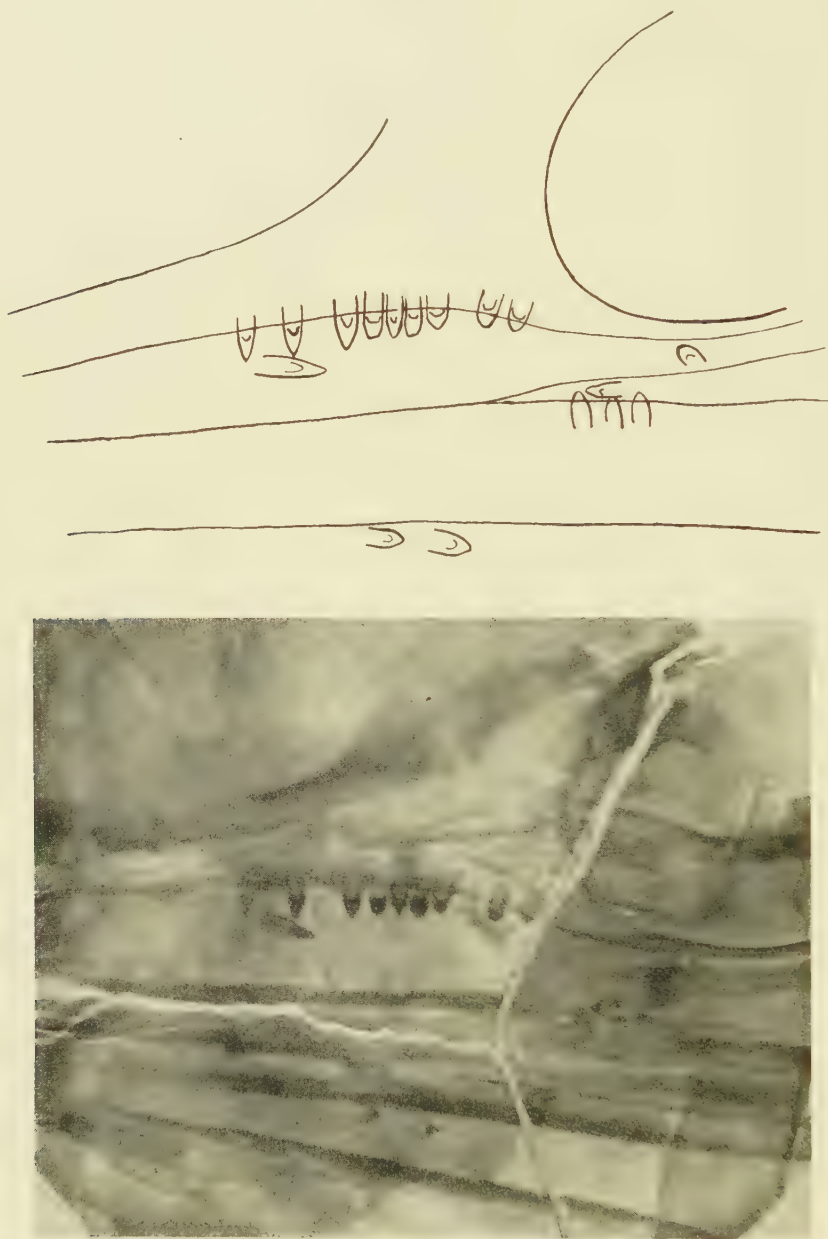
Die Untersuchung beschränkte sich in der Hauptsache auf die Befestigungsweise der Zähne und auf den Vorgang des Zahnwechsels. Für den Vergleich mit Ichthyosaurierzähnen wurde es notwendig, der Frage der Dentinfaltung sowie der Frage der Beteiligung von Substantia ossea am Aufbau der Mixosaurierzähne besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Wie schon E. REPOSSI hervorhob, ist die Bezahnung auf die Kiefferränder, d. h. auf Intermaxillare, Maxillare und Dentale beschränkt. Für das Intermaxillare gibt REPOSSI 13—15, für das Maxillare 6—8 und für das Dentale gegen 40 Zähne an. An dem Taf. 78, Fig. 1 wiedergegebenen Unterkiefer sind ca. 33 Zähne erhalten; andere Unterkiefer zeigen grössere Zahlen. Die vorderen Zähne sind spitzkegelförmig, schlank und voneinander distanziert, die hinteren Zähne stumpfer, gedrungener und näher beieinander stehend. E. REPOSSI gibt an, dass die Zähne des Maxillare in richtige Alveolen eingepflanzt seien, während die übrigen Zähne in einer gemeinsamen Alveolarrinne steckten. Diese letztere Angabe dürfte kaum zutreffen. Gerade die distanzierten vorderen Zähne scheinen in Alveolen befestigt zu sein.

Zur Untersuchung der Befestigungsverhältnisse wurden Mixosaurierkiefer parallel zum oberen Kiefferrand in horizontaler Richtung sukzessive abgeschliffen, wobei die Anschlifffläche jeweils nach einer bestimmten Anzahl von Schleifbewegungen im Auflichtgeräte von Zeiss mittelst des Spiegels gezeichnet wurde. Es stellte sich jedoch bald heraus, dass auf diese Weise kein genügend sicherer Aufschluss über die Art der Zahnbefestigung zu erhalten war, namentlich deswegen, weil auch äusserlich scheinbar guterhaltene Fossilien im Innern eine Menge von sekundär verkitteten Brüchen aufwiesen.

Aus der Betrachtung von mehreren Röntgenaufnahmen, von denen einige Textfig. 2 sowie Taf. 78, Fig. 1 und 3, wiedergegeben sind, ergibt sich folgendes: Bei *Mixosaurus* ist, wie allgemein bei Reptilzähnen, die Zahnbasis mit ihrer weiten Pulpahöhle sehr ausgedehnt. Stehen nun die Zähne so nahe beisammen, wie es bei *Mixosaurus* in der hinteren Gebisspartie regelmässig der Fall ist, so bleibt infolge der grossen Ausdehnung der Zahnbasen kaum mehr Raum für die Entwicklung einer knöchernen Scheidewand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zähnen. Da ganz allgemein die Zähne bei *Mixosaurus* im hinteren, gelenknahen Gebissabschnitt dichter stehen, als weiter rostral, so ist anzunehmen, dass die Bildung einer durchgehenden Zahnrinne in den Kieferknochen in der hinteren

Gebisspartie zuerst einsetzte. Ob, wie E. REPOSSI angibt, bei *Mixosaurus* überhaupt schon eine durchgehende Rinne für die Zähne wenigstens in gewissen Kieferpartien vorhanden war, liess sich mittelst des Aufzeichnens einer Serie von Ausschliffbildern zufolge der obenerwähnten Beeinträchtigung der



Figur 2. *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Ober- und Unterkiefer. Zähne teils in situ, teils ausgefallen. Röntgenaufnahme, angefertigt im Röntgeninstitut des Zürcher Kantonsspitals, Dir. Prof. Dr. H. R. SCHINZ. Natürliche Grösse.

fossilen Reste durch Schichtdruck und tektonische Störungen an den kleineren, sicher in den Formenkreis von *Mixosaurus cornalianus* Bassani sp. gehörigen Mixosaurusexemplaren nicht mit Sicherheit ermitteln.

Befunde an Kiefern von viel bedeutenderer Grösse, die sicher zu Triasichthyosauriern gehören, deren genauere systematische Stellung aber noch nicht abgeklärt werden konnte, zeigen, dass die

alternative Fragestellung „Knochenrinne oder Alveolen“ zur Erfassung der Formverhältnisse nicht ausreicht, sondern dass die Dinge komplizierter liegen; siehe die Abbildungen Taf. 77, Fig. 15, 16 und 17.

An dem riesigen linken Dentale, an dem 20 erhaltene Zähne einen Raum von ca. 30 cm einnehmen, ist ersichtlich, dass der Knochen labial bedeutend höher hinaufreicht, als lingual. Dadurch wird eine Nische für die Zähne gebildet, deren basaler labialer Wandungsteil somit ähnlich wie bei pleurodonter Befestigungsweise an den labialwärts davon aufragenden Kieferknochen grenzt. Eine weitere Komplikation resultiert daraus, dass die Zahnbasen nicht direkt dem eigentlichen Kieferknochen aufsitzen, sondern von einem basalwärts sich verbreiternden Sockel von Befestigungsknochen umgeben werden. Die Zahnbasis ist, wie in einen Schuh, in diesen Sockel eingelassen. Zwischen den auf Sockeln stehenden Zähnen finden sich nun teils leere Gruben, teils tief hinabreichende Zähne ohne Sockel, teils Zähne mit Sockeln in verschiedenen Stadien der Ausbildung. In den keine Zähne enthaltenden Gruben ist in der die labiale Wand der Nische bildenden Partie des Dentale jeweils ein grubiger Eindruck vorhanden, der auf den ausgefallenen Zahn zurückgehen dürfte. Nach den an rezenten Lazertilieren mit pleurodonter Befestigung vorliegenden Erfahrungen (siehe PH. BULLET, 1942) muss angenommen werden, dass beim Zahnwechsel der grossen Triasichthysosaurier aus dem Grenzbitumenhorizont der Trias des Monte San Giorgio jeweils der ganze knöcherne Sockel vollständig abgebaut wurde. In der so ausgeräumten Grube wuchs der Ersatzzahn heran, erhielt einen Sockel und wurde durch das Wachstum des Sockels in seine definitive Stellung in der Zahnreihe emporgeschoben. Die Befunde an den beiden abgebildeten Kieferresten (vgl. Taf. 77, Fig. 15 und Taf. 78, Fig. 2) lassen kaum eine andere Deutung zu. Hinsichtlich der Topographie des Zahnwechsels geht aus den Verhältnissen an den beiden genannten grossen Kiefern hervor, dass auf der Höhe der Funktion stehende Zähne und in Bildung begriffene Ersatzzähne nicht regelmäßig miteinander alternieren. Zwar kommt ein solcher regelmäßiger Wechsel an einigen Stellen vor; an anderen Stellen dagegen stehen zwei Zähne von ungefähr gleichem Alter nebeneinander. Nach den im folgenden zu besprechenden Befunden an Schliffbildern von kleineren, sicheren Mixosauriern ist zu erwarten, dass in der Tiefe auch unter funktionierenden Zähnen ganz junge Ersatzzähne vorhanden sind. In diesem Sinne zu deutende Röntgenbefunde sind bei der Zartheit junger Ersatzzähne und der Dicke des Knochens nicht sicher, so dass erst eine Präparation weiteren Aufschluss ergeben wird. Die beschriebenen grossen Kieferreste sind von *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. nach Bau und Befestigungsweise der Zähne so tiefgreifend verschieden, dass sie jedenfalls einer anderen Gattung von Triasichthysosauriern angehören.

Befunde an Dünnschliffen.

Durch die eingangs erwähnten postmortalen Veränderungen, die das Fossilmaterial durch Schichtdruck und durch tektonische Störungen erlitten hat, wird die Untersuchung so erschwert, dass der vorliegenden Studie kein abschliessender Charakter zukommen kann. Erst, wenn einmal das ganze vorliegende Untersuchungsmaterial zugänglich sein wird, dürfte es möglich werden, durch eine geeignete Auswahl von wenig oder nicht deformierten Stücken die genannten untersuchungstechnischen Schwierigkeiten zu überwinden. Im Hinblick auf eine Vergleichung des Gebisses der Triasmixosaurier mit den Ichthysosauriern des Juras und der Kreide galt es hauptsächlich, zwei Fragen näher zu untersuchen, einmal die Frage des Grades der Dentinfaltung bei den Mixosauriern und sodann die Frage der Beteiligung von Substantia ossea am Mixosauruszahn. Für die Untersuchung der Dentinfaltung sind hauptsächlich horizontale Schliffe durch den basalen Zahnteil erforderlich. Von der massiven Zahnspitze oberhalb der Pulpa sowie aus dem oberen Zahnbereich, wo die Pulpahöhle noch einen,

verglichen mit der sie umgebenden Dentinmasse kleinen Durchmesser aufweist, liessen sich einigermaßen befriedigende Schliffpräparate herstellen, nicht dagegen durch den basalen Zahnteil, in dem die Pulpa eine grosse Weite besitzt. Die bedeutende basale Ausdehnung der Pulpahöhle geht aus den Röntgenbildern hervor. Auf den vorhandenen basal geführten Horizontalschliffen ist in der Regel von einem Pulpalumen nichts zu sehen, sondern die Wandungstrümmer der durch Schichtdruck zusammengepressten Pulpa gelangen zu gegenseitiger Berührung. An zahlreichen ausgefallenen Zähnen, die isoliert neben den zahntragenden Kieferknochen der Schichtfläche der Bitumenplatten aufliegen, lässt sich bei Lupenbetrachtung schon von aussen erkennen, dass die Zahnbasis im Gegensatz zum massiven Spitzenteil des Zahnes plattgedrückt ist. Obwohl die bisherigen Befunde noch kein abschliessendes Urteil erlauben, so lässt sich doch jetzt schon vermuten, dass die Zähne von *Mixosaurus cornalianus* Bassani sp. zum Teil gar keine Dentinfaltung, zum Teil vielleicht nur ganz schwache Faltung aufweisen dürften. Wäre intensivere Faltung vorhanden, so hätte sie trotz der ungünstigen Umstände auf den immerhin zahlreichen Schliffpräparaten zum Vorschein kommen müssen. Auch der Umstand, dass die Zahnbasen derjenigen Zähne, die der Schichtfläche flach aufliegen, in der Regel plattgedrückt sind, spricht für das Fehlen stärkerer Faltung; ein kaum oder gar nicht radiär gefalteter Dentinmantel dürfte leichter komprimiert werden, als ausgesprochenes Plicidentin.

Hinsichtlich der Beteiligung von Substantia ossea am Aufbau des Zahnes liess sich nur in einzelnen Fällen ein sicheres Ergebnis erzielen. Wahrscheinlich dürfte der ganze Zahn von *Mixosaurus cornalianus* in der Regel nur aus Schmelz und Dentin ohne Beteiligung von Substantia ossea aufgebaut sein; reguläres Dentin reicht bis zur Basis; siehe Taf. 2, Fig. 14, Schliff F 4,5; das Dentin des Zahnes grenzt, ohne von einer Zementschicht bedeckt zu sein, an die Wandung der vom Kieferknochen gebildeten Alveole. Diese an einzelnen günstigen Präparaten gemachten Feststellungen bedürfen noch einer Ergänzung durch systematische Untersuchung des ganzen Gebisses.

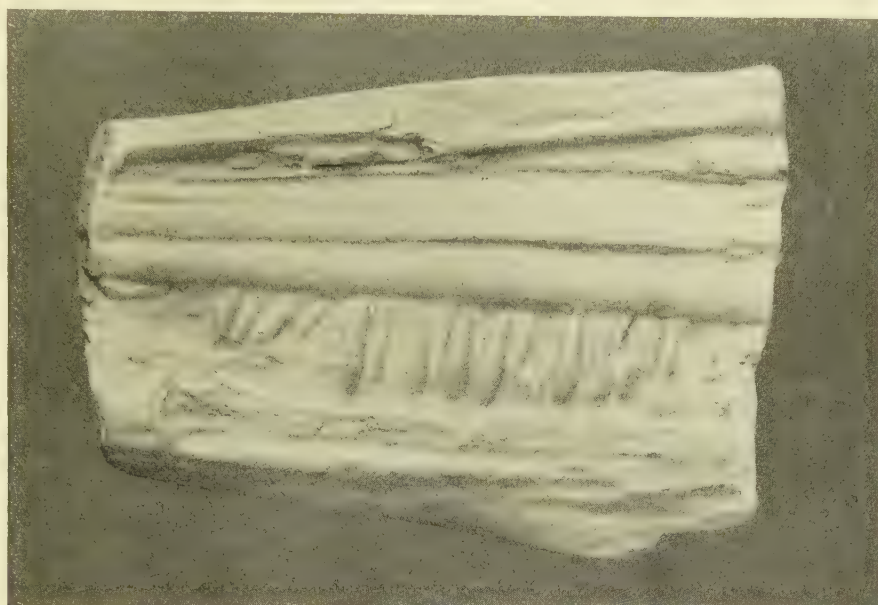
Das Gesagte gilt nur für die zu *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. gehörigen Kieferreste. Die Seite 9 beschriebenen und Taf. 77, Fig. 15, 16, 17 und Taf. 78, Fig. 2 abgebildeten Kiefer von grossen Triasichthyosauriern, deren systematische Stellung noch nicht abgeklärt ist, konnten noch nicht mikroskopisch untersucht werden. Nach dem makroskopischen Befunde ist anzunehmen, dass sie sowohl hinsichtlich des Grades der Dentinfaltung, als auch hinsichtlich der Bildung von Substantia ossea und hinsichtlich der Befestigungsweise von *Mixosaurus cornalianus* verschieden sind. Unter den Kieferresten, von denen Röntgenaufnahmen und Dünnschliffe angefertigt wurden, befindet sich ein Kieferrest, dessen Zähne im mikroskopischen Bilde von dem aller übrigen untersuchten Kiefer verschieden sind. Die Zähne, die schon durch bedeutende Grösse auffallen, sitzen einem hohen Knochensockel auf, in den Dentinlamellen eindringen. Basal ist dieses Dentin aussen von Zement umgeben, der dem Zahn anliegt und zuunterst in die knöcherne Alveolenwandung übergeht. Zur vollständigen Untersuchung sind weitere Präparate notwendig.

Obwohl auf den Schliffen eine Anzahl von sichtlich jungen Ersatzzähnen angetroffen wurden (siehe Taf. 77, Fig. 10 und 11), so reicht das vorhandene Material nicht zu einer vollständigen Beschreibung des Werdeganges eines Mixosauruszahnes aus. Verschiedene Zähne der hinteren Gebisspartie, die völlig in Bitumen eingebettet sind, zeigen eine sehr wahrscheinlich auf Usur zurückgehende Abstumpfung der Spitze (siehe Taf. 77, Fig. 1 und 2 sowie Taf. 78, Fig. 14). Die Ablagerung erfolgte in stillem Wasser; Abrollung vor der Einbettung ins Sediment kommt nicht in Frage. Durch Färbung stärker hervortretende Zuwachsstreifen im Dentin lassen sich häufig beobachten; siehe Taf. 77, Fig. 2 und 13.

Untersuchungen an Ichthyosauriern.

a) Schnauze von *Ichthyosaurus quadriscissus*.

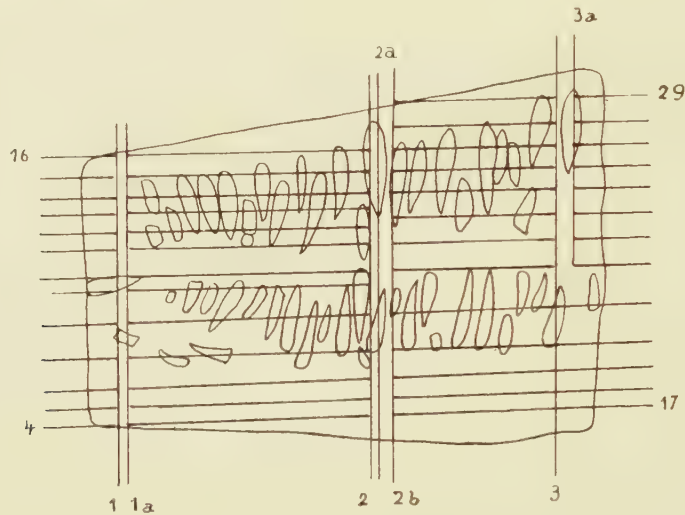
Von dem ca. 7 cm langen Schnauzenstück wurde vor der Zerlegung in Dünnschliffe ein Gipsabguss angefertigt (siehe Textfig. 3). Knochen und Zähne der linken Seite liegen frei zutage, während die rechte Seite in einer Bitumenlage eingebettet ist. Eine Röntgenaufnahme ergab zufolge von zahlreichen Überlagerungen an sich kein völlig klares Bild; die Position einiger der im Röntgenbilde sicht-



Figur 3. *Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst. Schnauzenfragment aus dem oberen Lias von Holzmaden. Gipsabguss. Ansicht von der linken Seite. Etwas vergrössert.

baren Zähne liess sich erst durch das Studium der Schliffbilder feststellen. Textfig. 4 gibt eine Übersicht über die angefertigten Dünnschliffe und über ihre Richtung. Von den senkrecht zur Längsachse der Kiefer geführten Dünnschliffen waren namentlich die Schliffe 2 und 3 aufschlussreich; sie zeigen, wie die rechte Schädelhälfte gegenüber der linken um ca. 14 mm dorsalwärts verschoben worden ist (siehe Textfig. 1). Diese Verschiebung gelangt auch in dem Textfig. 4 wiedergegebenen, auf Grund des Röntgenbildes unter Heranziehung der Dünnschliffe angefertigten Übersichtsbilde in der Stellung einzelner Zähne zum Ausdruck. Abgesehen von den wenigen senkrecht zur Längsachse der Kiefer geführten Schnitten wurde die Schliffrichtung so gewählt, dass sich für eine möglichst grosse Zahl von Zähnen eine Folge von Querschliffen ergab; dabei war nicht zu vermeiden, dass gleichzeitig eine Anzahl von Zähnen schräg durchgeschliffen wurden. Die sehr zahlreichen Schliffbilder von Zähnen entsprechen dem Bilde, das nach dem schon durch die früheren Arbeiten (R. OWEN 1840—1845, Pl. 64B, fig. 3 und Pl. 73A; W. KIPRIJANOFF 1881, Taf. IX, Fig. 1, F. BAUER 1898, Taf. XXVI, Fig. 27, EB. FRAAS 1891, Taf. VI, Fig. 7—11) erschlossenen Bau des Ichthyosaurierzahnes zu erwarten war. Die obere Zahnpartie wird von normalem, ungefaltetem Orthodontin gebildet, das von einer kräftigen Schmelzschicht bedeckt wird. Die Dentinfaltung setzt erst in der unteren Zahnpartie ein; höher

geführte Querschliffe zeigen einen etwa kreisrunden Pulpaquerschnitt. Der basale Teil des Dentin-Hohlkegels ist radiär gefaltet und aussen von Substantia ossea bedeckt; die basalste Zahnpartie wird ausschliesslich von Substantia ossea gebildet. Basalwärts ist der Dentinmantel nicht geschlossen, sondern in einzelne Fortsätze aufgelöst, die durch radiäre, von Substantia ossea erfüllte Lücken voneinander getrennt sind. Durch die zahlreichen Bruchlinien, die das Fossil durchsetzen, und durch die vom Schichtdruck bedingte Kompression einzelner Teile werden die Befunde an der Serie von Dünnschliffen sehr beeinträchtigt. Die erfolgte Störung der Lagebeziehungen der Teile fällt jedoch deswegen weniger ins Gewicht, weil die Formverhältnisse schon durch die oben erwähnten früheren Arbeiten



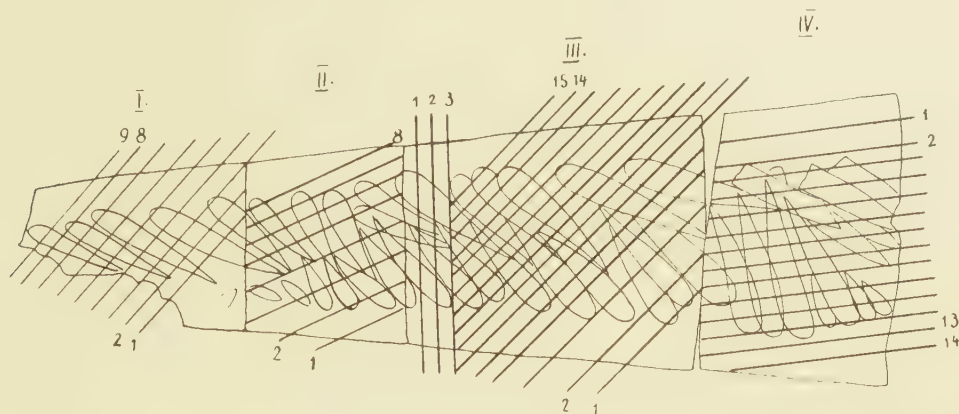
Figur 4. *Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst. Schnauzenfragment. Übersicht der angefertigten Dünnschliffe. Natürliche Grösse.

eingehend festgestellt worden sind. Ein weiterer ungünstiger Umstand war der, dass teilweise starke Pyritisierung das Schleifen erschwerte, so dass manche Schliffe nicht vollständig sind. Da zufolge der geringen Dimensionen des Kiefers nur von wenigen Zähnen eine grössere Anzahl von intakten Querschliffen von verschiedener Höhenlage vorliegen, so soll die Bauform des Zahnes an Hand der Präparate des bedeutend grösseren Kiefers von *Ichthyosaurus acutirostris* beschrieben werden; siehe Seite 14. Die grosse Fülle von verschiedenen Schliffbildern, welche die vorliegende Serie bietet, wurde auch zur Untersuchung von Fragen des Zahnwechsels herangezogen. Dafür sind namentlich Stellen am Grunde der die Zähne beherbergenden Knochenrinnen in den Kiefern günstig, weil hier ein Hereinspielen von Zähnen der antagonistischen Kieferpartie ausgeschlossen ist und weil die Querschliffe durch Zahnbasen für die Beurteilung des Alters besonders geeignet sind.

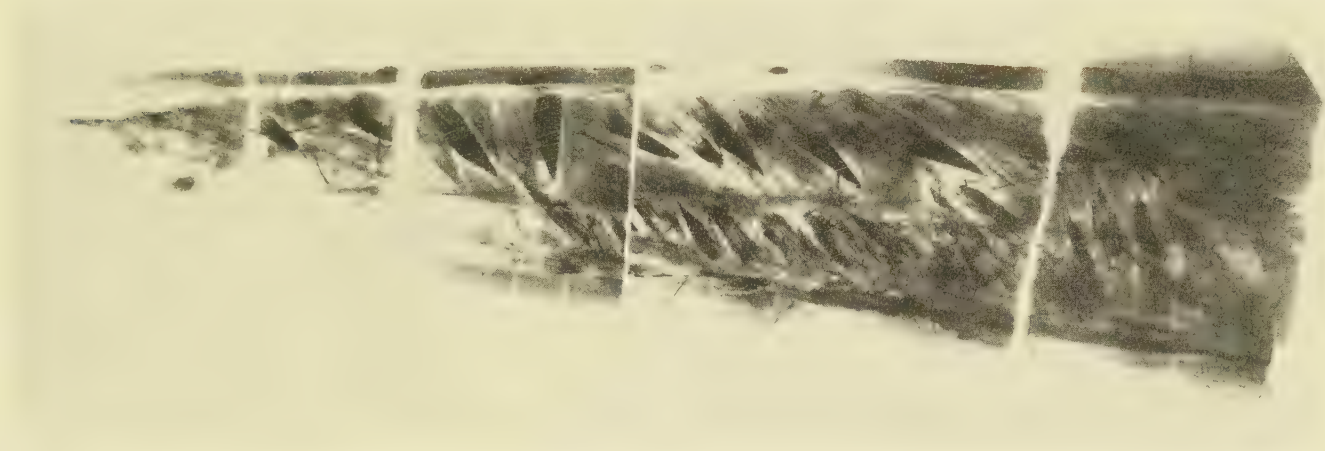
b) *Ichthyosaurus* spec.

Während die meisten Ichthyosaurier aus dem Lias ϵ , wie das eben beschriebene Exemplar von *Ichthyosaurus quadriscissus*, durch Schichtdruck stark komprimiert sind, kommen auch nicht zerdrückte Schnauzen vor; ein solches Stück wurde zu Anfertigung einer weiteren Folge von Dünnschliffen verwendet. Vor der Herstellung der Röntgenaufnahme wurde das Schnauzenfragment durch einen Längsschnitt in zwei Hälften zerlegt. Leider fiel die Ausführung dieser Operation nicht ganz wünschgemäß aus. Die Schnittrichtung entspricht nicht der Mediansagittalen, sondern ist etwas schräg.

Dieser Nachteil wurde indessen dadurch teilweise aufgewogen, dass das rechtsseitige Teilstück auf den Schliffen ein vollständigeres Bild ergab, während das linksseitige Teilstück dank seiner geringeren Dicke eine bessere Röntgenaufnahme lieferte. Da die Schnauze offenbar schon vor der Auffindung in die vier auf Textfig. 5 mit I—IV bezeichneten Teilstücke zerbrochen war, wurde für jedes dieser



Figur 5. *Ichthyosaurus* sp. Schnauzenstück. Übersicht der angefertigten Dünnschliffe. Ca. $\frac{3}{4}$ nat. Grösse.



Figur 6. *Ichthyosaurus* sp. Das aus vier Teilen bestehende Schnauzenstück wurde durch einen Längsschnitt halbiert. Röntgenaufnahme der linken Hälfte, angefertigt im Röntgeninstitute des Zürcher Kantonsspitals, Dir. Prof. Dr. H. R. SCHINZ. Die dunkeln Kegel sind nicht die Zähne selber, sondern deren mit Pyrit ausgefüllte Pulpahöhlen. Natürliche Grösse.

Teilstücke gesondert die günstigste, d. h. die am meisten reine Querschnitte liefernde Schliffrichtung gewählt; davon unabhängig erfolgte für die in der Beschreibung mit Ia bis IVa bezeichneten Teilstücke der rechten Schnauzenseite eine geeignete Wahl der Schliffrichtung, die hier nicht bildlich wiedergegeben wird, da dabei in ähnlicher Weise, wie für die linke Schnauzenpartie, vorgegangen wurde. Auch dieses Fossil zeigte, wie aus der in Textfig. 6 wiedergegebenen Röntgenaufnahme ersichtlich ist, zum Teil überaus starke Pyritisierung. Zuzufolge dieses ungünstigen Umstandes ergaben manche der Schliffe keine befriedigenden Resultate. Im ganzen wurden von der rechten Hälfte des Schnauzenfragmentes 52, von der linken Hälfte 46 Schliffe angefertigt. Hinsichtlich des Zahnbaues und hinsichtlich der Topographie der Kieferknochen ergaben diese Schliffe erwartungsgemäß eine

Bestätigung der obenerwähnten älteren Arbeiten. Weitere Probleme, zu deren Untersuchung dieses Schliffmaterial Gelegenheit bot, betreffen den Zahnwechsel. Schliffe, die parallel zum Grunde der Kiefferinne geführt wurden und auf denen die Basen einer Reihe von aufeinanderfolgenden Zähnen horizontal geschnitten wurden, sind für die Beurteilung des Ausbildungsgrades der einzelnen Zähne vorzüglich geeignet. Wie schon nach den makroskopischen Befunden zu erwarten war, liess sich zwar wohl ab und zu ein Alternieren von voll ausgebildeten und von noch in Bildung begriffenen Zähne, aber keine durchgehende Gesetzmäßigkeit im Zahnersatz feststellen. Die Lage des Ersatzzahnes lingual von seinem Vorgänger, sowie die Art des Nachrückens des Ersatzzahnes sind schon durch W. D. CONYBEARE, durch R. OWEN und durch W. KIPRIJANOFF so eingehend beschrieben worden, dass es nichts beizufügen gab. Im Anschluss an die schönen Untersuchungen von A. P. BYSTROW über das Gebiss der Stegocephalen, sowie im Anschluss an die vor kurzem erschienene Arbeit von P. MEYER (1944) über das Gebiss von *Rana esculenta*, die als Dissertation unter der Leitung von B. PEYER entstand, wurde den Veränderungen des einzelnen Zahnes im Laufe seiner Lebensdauer, den Fragen des Aufbaues und der Resorption besondere Aufmerksamkeit gewidmet und versucht, diese Verhältnisse im einzelnen Schliffbilde zu beurteilen.

Figur 7.

Ichthyosaurus sp. Schnauzenstück. Vertikalschliff,
in Textfig. 5 mit 2 bezeichnet.

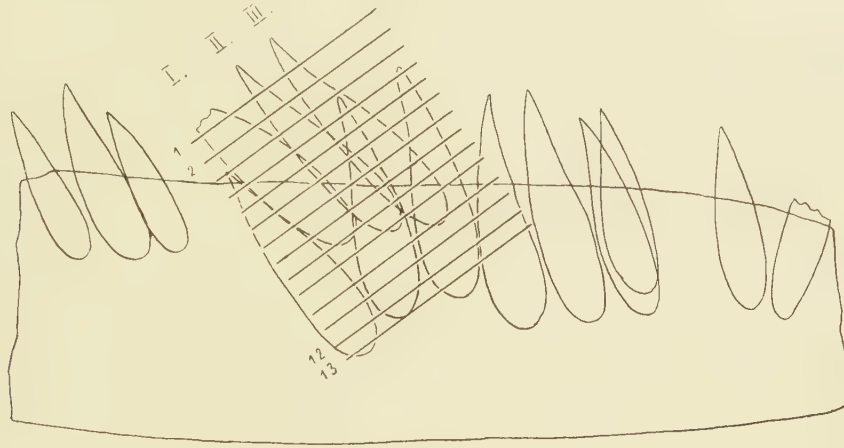
Zirka $1,5 \times$ natürliche Grösse.



c) *Ichthyosaurus acutirostris*.

Die beiden im Vorangehenden beschriebenen Kieferreste von Ichthyosauriern, das kleine Schnauzenstück von *Ichthyosaurus quadriscissus* und die etwas grössere Schnauze eines nicht näher bestimmten Ichthyosauriers aus dem Lias ϵ von Württemberg boten zwar Gelegenheit zur Untersuchung ganzer Zahnreihen; dagegen war es zufolge der kleinen Dimensionen nicht möglich, von einem und demselben Zahn eine grössere Anzahl von Querschliffen zu erhalten. Aus diesem Grunde wurde zur Ergänzung der Untersuchung aus einem, von Dr. B. HAUFF, Holzmaden, für Untersuchungszwecke in unpräpariertem Zustande erworbenen Unterkiefer von *Ichthyosaurus acutirostris*, dessen Zähne genügende Grösse aufwiesen, die aus Textfig. 8 ersichtliche Partie zur Anfertigung einer Serie von 13 Dünnschliffen verwendet; siehe Taf. 78, Fig. 4–10. Ich bezeichne die drei nebeneinander gelegenen Zähne als I, II und III. Auf dem obersten, als 1 bezeichneten Schliff ist der Querschnitt von Zahn II abgesprungen; von I ist schon der obere Teil der Pulpahöhle getroffen, die ungefähr kreisrunden Umriss aufweist. Von Zahn III ist die massive Spitze getroffen. An ihrer dicken Schmelzbedeckung ist eine

Einzelheit der Formgestaltung von allgemeinem Interesse, nämlich die Tatsache, dass die vorspringenden, unmittelbar unter der Zahnspitze nach abwärts ziehende Rippen ausschliesslich durch stärkere Schmelzablagerung gebildet werden, während die Fläche der Dentin-Schmelzgrenze an der Bildung des Reliefs nicht teilnimmt. (Hinsichtlich weiterer, lediglich von der Gestaltung der Schmelzoberfläche bedingter Reliefverhältnisse von Reptilzähnen vgl. B. PEYER 1939, pag. 27 und Textfig. 14.) Ausser den genannten Rippen ist auf dem gleichen Querschnitt in Gestalt von flachen Vorwölbungen und seichten Einbuchtungen ein Oberflächenrelief angedeutet, an dessen Bildung die Grenzfläche zwischen Dentin und Schmelz beteiligt ist; siehe Taf. 78, Fig. 4. Auch auf Schliff 2 sind die genannten, nur von



Figur 8. *Ichthyosaurus acutirostris* Owen. Partie des Dentale mit Zähnen. Übersicht der angefertigten Schliffe. Ca. $\frac{3}{4}$ nat. Grösse.

Schmelz gebildeten Rippen an Zahn II und III getroffen, während an Zahn I die weite Pulpahöhle schon in Divertikel ausgezogen erscheint und das Dentin schon beträchtliche radiäre Faltung aufweist. Am Grunde der Einfaltung der Dentinoberfläche findet sich schon ein Beginn von Zementbildung. Auf Schliff 3 zeigen Zahn II und III noch Schmelzbedeckung mit den letzten Andeutungen der lediglich vom Schmelz gebildeten Rippen; während die Pulpahöhle von II noch einfach gestaltet ist, zeigt diejenige von III beginnende Divertikelbildung. Auf dem Querschnitt von I sind die radiären Einfaltungen des Dentins schon sehr tief; sie werden von Substantia ossea ausgefüllt. Zement erfüllt auch schon den grössten Teil der Pulpahöhle. Während der stark gefaltete Dentinkegel zur Hauptsache noch einen geschlossenen Wall bildet, gelangen an einigen Stellen der äussere, in die radiären Furchen eindringende Zementmantel und die Substantia ossea, welche die Pulpahöhle erfüllt, zur Vereinigung. Auf Schliff 4 tritt eine merkliche Differenz zwischen Zahn II und III auf, indem II noch keine Faltung zeigt, während bei III die Dentinfaltung und die Divertikelbildung der Pulpahöhle begonnen haben. Der Querschnitt durch Zahn I zeigt nun durchwegs Verbindung zwischen dem äusseren Zementmantel, der an Stärke zugenommen hat und der Substantia ossea der Pulpahöhle. Auf Schliff 5 ist an Zahn II beginnende Dentinfaltung zu erkennen, während III schon fortgeschrittenere Faltung und Auftreten von Substantia ossea in der Pulpahöhle aufweist. Am Querschliff von Zahn I tritt das Dentin gegenüber der Substantia ossea schon sehr zurück. Auf Schliff 6 zeigt Zahn III schon weitgehende Erfüllung der Pulpahöhle mit Zement, während dieser Prozess auf dem Querschnitt von II eben erst eingesetzt hat. Der Dentinwall ist bei II erst an wenigen Stellen durchbrochen. Die Zahnbasis von I ist sichtlich in Rückbildung begriffen; ihr Querschnitt ist nicht mehr rund, sondern nieren-

förmig; in der Konkavität findet sich quer getroffen die Spitze eines Ersatzzahnes. Dieser Ersatzzahn zeigt besonders deutlich die Bildung von drei scharfen Rippen lediglich an der Oberfläche des Schmelzes ohne Teilnahme des Dentines an dieser Formgestaltung. An der Oberfläche der in Resorption begriffenen Basis von Zahn I glaube ich Howship'sche Lakunen zu erkennen. Auf Schliff 7 unterscheiden sich die Querschliffe der Zähne II und III dadurch, dass bei III der Dentinanteil gegenüber dem Zement viel stärker zurücktritt als bei II. Im Ersatzzahn neben I, der die drei genannten Schmelzrippen noch trefflich erkennen lässt, ist eine sehr weite Pulpahöhle aufgetreten; an fertig ausgebildeten Zähnen würde ein Schliff in gleicher Höhe unter der Zahnspitze eine wesentlich engere Pulpahöhle aufweisen. Der Schnitt durch die Basis von Zahn I ist beträchtlich kleiner als auf Schliff 6. Der erwähnte Unterschied im Querschnitt der Zähne II und III äussert sich auf Schliff 8 dadurch, dass II noch ein bedeutenderes zentrales Pulpalumen aufweist. Der Ersatzzahn neben I muss nahe an seiner Basis getroffen sein. Er zeigt einen nur ganz schwach gefalteten Mantel von Dentin, der die sehr weite Pulpahöhle umgibt, dieses Dentin ist von einer dünnen Schmelzschicht bedeckt; die Schmelzschicht weist an den vorspringenden Stellen eine etwas grössere Dicke auf. Durch den Schichtdruck ist das Zahnscherbchen — denn ein solches liegt offenbar vor — an einer Stelle eingedrückt worden. Auf Schliff 9 ist der Ersatzzahn zur Seite von I verschwunden; vom Zahn I selbst ist nur noch ein unbedeutender Rest getroffen. Dafür tritt jetzt zur Seite von Zahn III ein Ersatzzahn auf, der wiederum die obenerwähnten Schmelzrippen zeigt. Zahn III ist an der dem Ersatzzahn zugewendeten Fläche erodiert. Die so entstandene Einbuchtung scheint nicht genau die Mitte der lingualen Fläche einzunehmen, sondern etwas mesialwärts verlagert zu sein. Der Ersatzzahn muss sich auf einem älteren Stadium, als der soeben beschriebene befinden, denn auf Schliff 10 zeigt sein Querschliffbild eine sehr starke Dentinschicht bei engem Pulpalumen. Zahn II ist auf Schliff 10, dessen Abstand von Schliff 9 möglicherweise etwas grösser sein kann, als auf Textfig. 8 schematisch angegeben, nicht mehr getroffen. Aus der dunkeln Bitumenschicht, die Zahn III umgibt, hebt sich, in der Position ungefähr Zahn II entsprechend, eine stark gefaltete, basale Partie eines jungen Ersatzzahnes ab. Dieser Ersatzzahn könnte der Nachfolger von Zahn II sein. Da auf den folgenden Schliffen (11 bis 13) die Zähne in schräger Richtung getroffen sind (siehe Textfig. 8) und daher weniger übersichtliche Schnittbilder liefern, so verzichte ich auf ihre Beschreibung im Einzelnen.

Vergleich der Gebissorganisation von Ichthyosauriern der Trias und des Jura.

Die Ichthyosaurier, die während der Jura- und der Kreideperiode als flinke Räuber die Meere bevölkerten, sind seit langem mit aller Sicherheit als luftatmende Tiere erkannt worden, als Reptilien, die an das Leben im Meere in ähnlich vollkommener Weise angepasst waren, wie heute unter den Säugetieren die Wale. Obwohl wir die ersten Anfänge dieser Anpassung, das unmittelbare Hervorgehen aus landlebenden Reptilien zur Zeit noch nicht durch Fossilfunde erweisen können, wird doch allgemein angenommen, dass die Organisation der Ichthyosaurier des Jura und der Kreide das Resultat eines Umwandlungsprozesses darstellt, der sich während langer geologischer Zeiträume im Sinne einer fortschreitenden Überwindung der Schwierigkeiten vollzogen haben muss, die dem dauernden Aufenthalt eines luftatmenden Tieres im Wasser entgegenstehen. Diese Auffassung gründet

sich darauf, dass die ältesten bekannten Ichthyosaurier, diejenigen der Trias, sich in vielen Zügen ihrer Organisation als noch weniger weitgehend aquatil umgeformt erwiesen haben. Aufgabe der vorliegenden Studie ist nun, den Bau des Gebisses von Ichthyosauriern der Trias mit solchen des Jura zu vergleichen und zu untersuchen, ob auch hinsichtlich der Gebissentwicklung die geologisch älteren Formen ursprünglicher gestaltet sind.

Vom Lias ab ist das Ichthyosauriergebiss durch drei Merkmale ausgezeichnet, die im folgenden einzeln besprochen werden sollen, durch die Einfügung der Zähne in tiefe, durchgehende Rinnen der Kieferknochen, durch beträchtliche Faltung des Dentines der Zahnbasis und schliesslich durch starke Beteiligung von Substantia ossea am Aufbau des Zahnes.

Die Einfügung der Zähne in tiefe Rinnen der Kieferknochen, in denen sie offenbar durch stark entwickeltes Bindegewebe festgehalten wurden, ist als eine eigenartige Spezialisierung aufzufassen, die in dieser Weise nur bei den Ichthyosauriern vorkommt. Schon EB. FRAAS (1891 und 1896), E. REPOSSI (1902) und J. C. MERRIAM (1908) konnten feststellen, dass die genannte Einrichtung bei den Ichthyosauriern der Trias zum Teil noch nicht vorhanden ist. EB. FRAAS zeigte, dass bei *Mixosaurus atavus* aus dem Wellenkalk von Württemberg die Zähne in Alveolen stecken; E. REPOSSI stellte das gleiche Verhalten wenigstens für die Zähne des Maxillare von *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. fest und J. C. MERRIAM beschrieb verschiedenartige Befestigungsweise der Zähne bei den kalifornischen Triasichthyosauriern *Cymbospondylus*, *Merriamia* und *Shastasaurus*, getrennte Gruben für die einzelnen Zähne bei *Cymbospondylus*, offene Gruben bei den beiden anderen Gattungen, wobei aber die Möglichkeit offen gelassen wird, dass daneben andere Partien der noch nicht vollständig bekannt gewordenen Kieferknochen unvollkommene Alveolen besessen haben könnten. E. REPOSSI gibt in seiner Beschreibung von *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. für die Maxillarzähne Befestigung in Alveolen, für die übrigen Partien des Gebisses Befestigung der Zähne in Rinnen der Kieferknochen an. Die vorliegende Untersuchung von Ichthyosauriern aus dem Grenzbitumenhorizont der anisischen Stufe der Trias des Monte San Giorgio wurde durch den störenden Einfluss von Schichtdruck und von tektonischen Einwirkungen so beeinträchtigt, dass eine vollständige und zuverlässige Feststellung der Befestigungsweise der Zähne für alle Gebisspartien nicht erreicht werden konnte. Immerhin konnte für *Mixosaurus cornalianus* auf Photographien von Dünnschliffen gezeigt werden, wie die Zähne des Maxillare in Alveolen stecken und am Grunde mit dem Kieferknochen knöchern verbunden sind. Die weiteren Angaben der Beschreibung des Gebisses von *Mixosaurus cornalianus* durch E. REPOSSI (1902) bedürfen einer Nachprüfung. Als bedeutsamstes Ergebnis der vorliegenden Untersuchung stellte sich heraus, dass im Grenzbitumenhorizont des Monte San Giorgio neben *Mixosaurus cornalianus* ein weiterer Triasichthyosaurier vorkommt, der bedeutend grössere Dimensionen erreichen kann und dessen Zähne eine durchaus andere, Seite 9 und 10 näher beschriebene Befestigungsart aufweisen. Wie schon bei der Einzelbeschreibung hervorgehoben wurde, erinnert diese Befestigungsweise dadurch, dass der Kieferknochen labial von der basalen Partie der Zähne bedeutend in die Höhe ragt, etwas an pleurodontes Verhalten, während die Bildung eines knöchernen Sockels für jeden Zahn sowie die nach den topographischen Verhältnissen zu vermutende Resorption und Neuerrichtung dieser Sockel bei jedem Zahnwechsel sich mit den Verhältnissen bei manchen Squamaten vergleichen lassen. Eine Art von Alveole kommt dadurch zustande, dass der Knochen des Sockels das Dentin der Zahnbasis überwallt. Die vorliegenden Befunde reichen noch nicht zu einem vollständigen Einblick in den Werdegang der Zahnbefestigung der Ichthyosaurier des Jura und der Kreide aus. Wir wissen noch nicht, ob die Ausbildung einer durchgehenden tiefen Rinne im Kieferknochen in konver-

genter Entwicklung von verschiedenartigen Ausgangszuständen aus erfolgte oder ob nur eine bestimmte Gruppe die Triaszeit überdauerte, um im Jura einen grossen Aufschwung zu nehmen, während die anderen Linien frühzeitig ausstarben.

An allen Ichthyosaurierzähnen des Jura und der Kreide ist das Dentin der Zahnbasis gefaltet. Diese Plicidentinbildung erreichte jedoch nicht den Grad von Komplikation, wie z. B. bei labyrinthodonten Stegocephalen oder bei manchen Crossopterygiern. Wie B. PEYER (1937) kurz ausführte, dürfte das Auftreten von Dentinfaltung bei den Ichthyosauriern mit der Befestigungsweise der Zähne in einem gewissen Zusammenhang stehen. Bei der räuberischen Lebensweise der Ichthyosaurier, die durch zahlreiche Funde von Mageninhalt als erwiesen gelten kann, waren die Ansprüche an die funktionellen Leistungen des Gebisses jedenfalls beträchtlich; die Zähne mussten solid befestigt sein. Wenn nun die Zähne weder Halt in Alveolen fanden, noch mit den Kiefern knöchern verlötet waren, sondern in offenen Rinnen der Kieferknochen lagen, so musste die Befestigung hauptsächlich durch eine starke Entwicklung von Bindegewebe geschehen. Damit hängt zusammen, dass die Zahnbasis notwendigerweise bedeutende Grösse haben musste, um für das Bindegewebe das nötige Maß von Ansatzstellen bieten zu können. Voluminöse Entwicklung der Zahnbasis ist häufig mit Dentinfaltung verbunden. Der Sinn dieser Einrichtung dürfte darin liegen, dass bei Dentinfaltung zur Erreichung gleicher Festigkeit weniger Baumaterial notwendig ist, als bei massivem Zahnbau ohne Dentinfaltung. Die vertikalen Furchen, die durch die Faltung an der Zahnoberfläche entstanden und die teilweise von Substantia ossea ausgefüllt waren, boten jedenfalls dem Bindegewebe besonders günstige Ansatzstellen.

Während das Dentin der Zähne von *Cymbospondylus petrinus* aus der Trias von Kalifornien an der Basis stark gefaltet ist (vgl. J. C. MERRIAM, 1908, Fig. 10) und während auch *Mixosaurus atavus* Qu. sp. aus dem Wellenkalk von Württemberg basale Dentinfaltung aufweist (vgl. EB. FRAAS, 1891, Taf. I, Fig. 17 und 18), war bei *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. trotz der Anfertigung zahlreicher Horizontalschliffe überhaupt keine Faltung nachzuweisen. Wie Vertikalschliffe zeigen, waren diese massiv gebauten Zähne basal knöchern mit dem Kiefer verbunden (siehe Taf. 77, Fig. 9). Der oben genannte weitere Triasichthyosaurier aus dem Grenzbitumenhorizont weist, wie aus der makroskopischen Betrachtung und aus Vertikalschliffen hervorgeht, beträchtliche Dentinfaltung der umfangreichen Zahnbasis auf. Zur völligen Abklärung ist die Anfertigung weiterer Schliffpräparate erforderlich, die mit Rücksicht auf den Gang der übrigen Untersuchung zur Zeit noch nicht vorgenommen werden konnte. Das Fehlen von Dentinfaltung bei *Mixosaurus cornalianus* dürfte nicht nur mit dem altertümlichen Charakter dieser Form, sondern vielleicht auch mit der relativ geringen Grösse der Zähne zusammenhängen.

Bedeutender Anteil der Substantia ossea am Aufbau des Zahnes ist zwar wohl bei Säugetieren verbreitet, unter den Reptilien dagegen ein durchaus exzeptionelles Verhalten. Aus der vergleichenden Betrachtung, wie aus der Untersuchung der ontogenetischen Entwicklung jetzt lebender Formen geht hervor, dass die Substantia ossea nicht einen ursprünglichen integrierenden Bestandteil des Amniotenzahnes, sondern eine spätere Zutat darstellt. Seine Bildung kann erst nach Durchlöcherung der Epithelscheide erfolgen und diese Epithelscheide beschränkt sich nicht auf die von Schmelz bedeckte Partie, sondern umhüllt den ganzen werdenden Zahn. Da die Ichthyosaurier völlig ausgestorben sind, so kennen wir naturgemäß von ihrer Zahnentwicklung nur eine Reihe von Zahnscherbchen von verschiedenen Stufen der Ausbildung bis zum fertigen Zahn. Es kann aber nicht der mindeste Zweifel darüber bestehen, dass die Zementbildung bei den Ichthyosauriern prinzipiell nicht verschieden von

der anderer Amnioten war. Der Befund, dass am Aufbau der Zähne von *Mixosaurus cornalianus* überhaupt keine Substantia ossea beteiligt ist, gewinnt dadurch besondere Bedeutung, dass diese Gattung und Art auch in zahlreichen anderen Organisationsmerkmalen einen ursprünglichen Charakter erkennen lässt. Der erwähnte weitere Triasichthysosaurier vom Monte San Giorgio, dessen Zähne, wie schon erwähnt, basal eine Dentinfaltung zeigen, erweist sich auch dadurch als spezialisierter, dass das Dentin der Zahnbasen aussen von einem, allerdings wenig mächtigen Mantel von Zement umkleidet ist. Vom Dentin der Zahnbasis der Ichthysosaurier der kalifornischen Trias bemerkt J. C. MERRIAM „there does not appear to be any considerable amount of cement covering it“. Aus den Schliffbildern, die E. B. FRAAS (1891, Taf. I, Fig. 18) von *Mixosaurus alavus* Qu. sp. veröffentlicht hat, ist zu ersehen, dass bei dieser Form das gefaltete Dentin der Zahnbasis aussen nicht von Zement bedeckt ist; wohl aber ist im Innern der Pulpahöhle Substantia ossea eingezeichnet. Bei den Ichthysosauriern der Lias und der jüngeren Stufen des Mesozoikums ist der Anteil der Substantia ossea am Aufbau des Zahnes viel bedeutender, wie nicht nur aus zahlreichen trefflichen Zeichnungen aus der älteren Literatur, sondern auch aus den beigegebenen Schliffbildern von Zähnen von *Ichthysaurus acutirostris* hervorgeht. Das Zement bedeckt als mächtige Hülle das Dentin der Zahnbasis. In den radiären Furchen dringt es von aussen so tief ein, dass es Verbindung mit der von unten in die Pulpahöhle eingedrungenen Substantia ossea gewinnt, während das Dentin der konvex nach aussen vorspringenden Falten niemals durchbrochen wird. Der Dentinmantel zeigt so im Querschnitt nicht mehr das Bild eines geschlossenen Walles, sondern er wird durch die Zementmassen, die von aussen in die Konkavität der radiären Faltungen eindringen, in einzelne isolierte Abschnitte zerlegt; der weiter oben geschlossene gefaltete Hohlkegel von Dentin wird basal durch radiäre Einschnitte in einen Kranz von einzelnen Fortsätzen zerlegt, die völlig von Substantia ossea umgeben sind. Diese Fortsätze sind in einer Basis von Zement verankert. Auf Schliffen, die ganz basal geführt worden sind, wird überhaupt kein Dentin, sondern nurmehr Substantia ossea angetroffen. Die Umhüllung des Dentinmantels mit Zement und das basale Eindringen von Substantia ossea in die ursprünglich weit offene Pulpahöhle scheinen bei *Ichthysaurus acutirostris* ungefähr gleichzeitig zu erfolgen, denn auf manchen Querschliffen findet sich beim Fehlen einer äusseren Zementbedeckung schon Substantia ossea im Innern der Pulpahöhle, während auf anderen Schliffen in der Pulpahöhle noch keine Substantia ossea angetroffen wird, trotzdem schon eine äussere Zementbedeckung vorliegt. Diese Befunde, besonders die Tatsache, dass in *Mixosaurus cornalianus* ein Triasichthysosaurier vorliegt, an dessen Zahnbau überhaupt keine Substantia ossea beteiligt ist, führen zu der Auffassung, dass die Zementbildung erst innerhalb der Ichthysosaurier und durchaus unabhängig von gleichartigen Entwicklungen innerhalb anderer Amniotengruppen, namentlich der Säugetiere, auftrat. Der Vorteil dieser bei den Ichthysosauriern des Lias und der späteren Abschnitte des Erdmittelalters zu so bedeutender Entwicklung gelangten Einrichtung dürfte, ähnlich wie bei der Bildung von Plicidentin, darin liegen, dass sie auch nach dem Wegfall von festen Halt bietenden Alveolen und von knöcherner Verbindung der Zahnbasen mit dem Kieferknochen dank einer Vergrösserung der Ansatzflächen für Bindegewebe eine solide Befestigung der Zähne selbst in den durchgehenden Knochenrinnen der Kiefer ermöglichte.

Hinsichtlich der Liasichthysosaurier sei im Zusammenhang mit den schönen Untersuchungen von A. P. BYSTROW über das Gebiss der Stegocephalen darauf hingewiesen, dass es sich lohnen dürfte, durch weitere Untersuchungen von ganzen Zahnreihen an Hand von Schliffserien ein vollständigeres Bild vom ganzen Werdegang eines Ichthysaurierzahnes von der ersten Anlage bis zu den letzten, dem Ausfallen vorangehenden Resorptionserscheinungen zu gewinnen. Die wenigen, durch die vorliegende

Untersuchung beigebrachten Befunde sind für ein genaueres Bild der Vorgänge nicht hinreichend. Von prinzipiellem Interesse hinsichtlich der Formgestaltung dürfte die Feststellung sein, dass die vorspringenden vertikal verlaufenden Rippen unterhalb der Spitze des Zahnes von *Ichthyosaurus acutirostris* ohne Beteiligung des unterliegenden Dentines lediglich durch die Oberflächengestaltung der Schmelzschicht gebildet werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Das Gebiss von Ichthyosauriern aus der anisichen Stufe der Trias des Monte San Giorgio, Kt. Tessin und von Ichthyosauriern aus dem Lias ϵ von Württemberg wird namentlich mittelst Röntgenaufnahmen und mittelst Dünnschliffen untersucht. Der Triasichthyosaurier *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. erweist sich hinsichtlich des Gebisses durch drei Merkmale als besonders ursprünglich organisiert, durch die Befestigung zum mindesten der maxillaren Zähne in Alveolen und durch knöcherne Verbindung der Zahnbasis mit dem Kieferknochen, durch das Fehlen von Dentinfaltung und schliesslich durch das Fehlen von Substantia ossea. Ein weiterer Triasichthyosaurier vom Monte San Giorgio, Kt. Tessin, dessen systematische Stellung noch abzuklären ist, zeigt basale Dentinfaltung und eine bescheidene Beteiligung von Substantia ossea am Aufbau des Zahnes. Die Zähne des Dentale stehen in einigermaßen pleurodonter Stellung auf Sockeln, labialwärts von welchen sich der Rand des Kieferknochens bis etwa zum unteren Drittel der Gesamthöhe der Zähne erhebt. Von Ichthyosauriern des oberen Lias von Württemberg werden Kieferreste von *Ichthyosaurus quadriscissus*, von einem nicht näher bestimmten Ichthyosaurier und von *Ichthyosaurus acutirostris* mittelst Serien von Dünnschliffen untersucht, abgebildet und mit den Formen der Trias verglichen. Für *Ichthyosaurus acutirostris* wird festgestellt, dass die vertikalen, unter der Zahnspitze vorspringenden Rippen ohne Beteiligung von Dentin lediglich durch die Konfiguration der Schmelzoberfläche gebildet werden.

Literaturverzeichnis.

- ABEL, O. Die Stämme der Wirbeltiere. Berlin und Leipzig 1919.
- BAUER, F. Die Ichthyosaurier des oberen weissen Jura. Palaeontographica. 44. Band, 1898.
- BAUR, G. Über den Ursprung der Extremitäten der Ichthyopterygia. Ber. 20. Vers. Oberrhein. geol. Ver. 1887, 4 S. 1. Tf.
- On the morphology and origin of Ichthyopterygia. Americ. Nat. 21. 1887, 837—840.
- BERKHEMER, F. Das Gebiss von Leptopterygius platyodon Conyb. Palaeobiologica. Band VI, 1938.
- BULLET, PH. Beiträge zur Kenntnis des Gebisses von Varanus salvator Laur. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. LXXXVII (1942).
- BYSTROW, A. P. Zahnstruktur der Labyrinthodonten. Acta Zoologica. Bd. XIX, 1938.
- CONYBEARE, W. D. and DE LA BECHE. Notice of the Discovery of a new fossil animal forming a link between the Ichthyosaurus and Crocodile, together with general remarks on the osteology of the Ichthyosauria. Trans. Geol. Soc. London. 1st. Ser. V, 1821, p. 559—595, Pt. 40—42.
- CONYBEARE, W. D. Additional Notices on the Fossil Genera Ichthyosaurus and Plesiosaurus. Trans. Geol. Soc. London. 2nd. Ser., Vol. I, London 1822, p. 103—123, Pt. 15—22.
- FRAAS, EB. Die Ichthyosaurier der süddeutschen Trias- und Jura-Ablagerungen. Tübingen 1891.
- HUENE, F. v. Die Ichthyosaurier des Lias und ihre Zusammenhänge. Berlin 1922.
- Neue Studien über Ichthyosaurier aus Holzmaden. Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. Band 42, 1931.
- KIPRIJANOFF, W. Studien über die fossilen Reptilien Russlands. I. Theil. Gattung Ichthyosaurus König. Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St-Petersbourg. VIIme. Série, Tome XXVIII, Nr. 8, 1881.
- MERRIAM, J. C. Preliminary note on a new marine reptile from the middle triassic of Nevada. Univ. of California Publ., Geol. 5, 5, 1906, 75—79.
- Triassic Ichthyosauria with special reference to the american forms. Mem. Univ. California. I, 1, 1908, 156 p., 18 Pl.
- Notes on the relationship of the marine Saurian fauna described from the triassic of Spitzbergen by Wiman. Univ. of California Publ., Geol. 6, 13, 1911, 317—327.
- OWEN, R. Odontography. London, 1840—1845.
- A Monograph of the Fossil Reptilia of the Liassic Formations. Part third, Ichthyopterygia. Palaeontological Society, London. 1881.
- PEYER, B. Zähne und Gebiss in: Handbuch der vergleichenden Anatomie, herausgegeben von L. Bolk, E. Göppert, E. Kallius und Wilh. Lubosch. Band III, 1937. Berlin und Wien.
- Über Tholodus Schmidti H. v. Meyer. Palaeontographica. Band XC, Abt. A. Stuttgart 1939.
- Über Algen und Pilze in tierischen Hartschubstanzen. Festschrift für Prof. Dr. Alfred Ernst. Archiv der Julius-Klaus-Stiftung, Erg.-Bd. zu Band XX, 1945. Zürich.
- QUENSTEDT, F. A. Handbuch der Petrefaktenkunde. Tübingen. 3. Aufl., 1885.
- REPOSSI, E. Il Mixosauo degli strati triasici di Besano in Lombardia. Atti della Società Italiana di scienze naturali e del Museo Civico di storia naturale in Milano. Vol. XLI, 1902.
- ROUX, W., 1887. Über eine in Knochen lebende Gruppe von Fadenpilzen (*Mycelites ossifragus*). Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 45. Bd., 1887.
- SOLLAS, W. J., 1916. III. The Skull of Ichthyosaurus, studied in Several Sections. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B., Vol. 208, 1918.
- TOMES, CH. S. Die Anatomie der Zähne des Menschen und der Wirbeltiere, sowie deren Histologie und Entwicklung. Bearbeitet von Ludwig Hollaender. Berlin 1877.
- WIMAN, C. Ichthyosaurier aus der Trias Spitzbergens. Bull. Geol. Inst. Upsala. 10, 1910, 124—148, Tf. 5—10.
- Über *Mixosaurus Cornalianus* Bass. sp. Bull. Geol. Inst. Upsala. 11, 1912, 30—41, Pl. XI.
- Notes on the triassic reptile fauna from Spitzbergen. Univ. of California Publ. Geol. 10, 1916.
- ZITTEL, K. A. v. Handbuch der Palaeontologie. I. Abth. Palaeozoologie. III. Band. München und Leipzig 1887 bis 1890.

Curriculum vitae

Im Jahre 1900 wurde ich in Zürich geboren, wo ich die Primarschule und anschliessend die Sekundarschule besuchte. Nach einem weiteren Schuljahr in Lausanne absolvierte ich eine Lehrzeit von 2 Jahren als Zahntechniker. Während dieser und in der darauffolgenden Zeit wurde ich in einer Privatschule zur Aufnahmeprüfung in die Maturandenklasse der Kantonsschule Zug vorbereitet, wo ich 1921 mein Reifezeugnis erhielt.

Mein Hochschulstudium an der med. Fakultät begann ich in Zürich. Nach dem 3. Semester bestand ich das erste propädeutische Examen in Fribourg. Für den restlichen Teil meiner Studien immatrikulierte ich mich wieder an der Universität Zürich. Nach dem 6. Semester bestand ich das 2. propädeutische Examen und belegte darauf während 5 Semestern an der zahnärztlichen Klinik die zum Staatsexamen notwendigen Kurse und Vorlesungen.

Nach einjähriger Assistenzzeit in Privatpraxis meldete ich mich 1928 zum Staatsexamen. Seit dieser Zeit bin ich als selbständiger prakt. Zahnarzt in Zürich tätig.

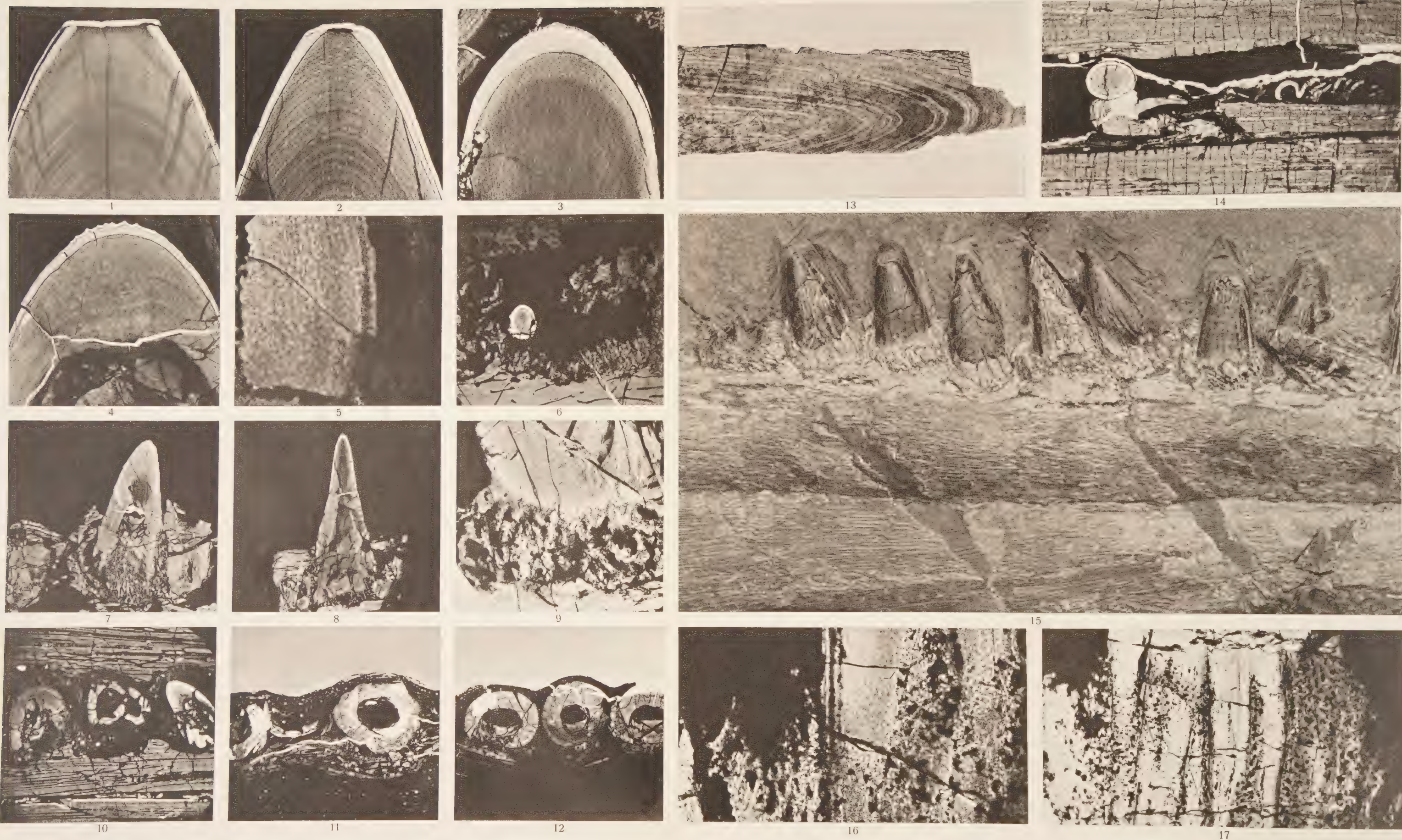
Als ich mich entschloss, das Doktorexamen nachzuholen, immatrikulierte ich mich neuerdings an der Universität Zürich, um die hierfür notwendigen Kurse und Vorlesungen besuchen zu können.

Albert Besmer.

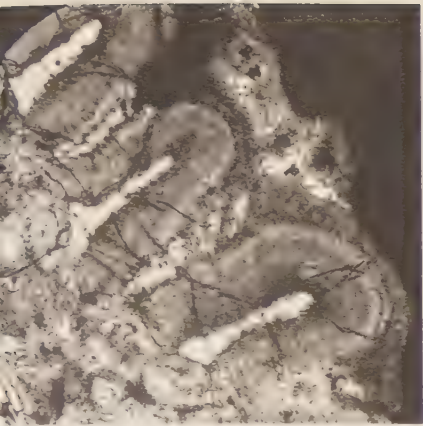
Tafel 77.

- Fig. 1 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch die Zahnschmelze, die durch Usur abgestumpft ist. Vergrößerung 32,5:1.
- Fig. 2 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch eine durch Usur abgestumpfte Zahnschmelze. Vergrößerung 31,5:1.
- Fig. 3 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch einen der gerundeten Zähne aus dem hinteren Gebiete der Zahnreihe. Vergrößerung 57:1.
- Fig. 4 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch einen gerundeten Zahn, dessen Oberfläche gerippt ist. Vergrößerung 29:1.
- Fig. 5 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Teil eines Vertikalschliffes durch einen Zahn. Der dunkle Streifen nahe der Oberfläche (im Bilde rechts) wird durch Interglobularräume hervorgerufen. Vergrößerung 113:1.
- Fig. 6 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Schliff durch den Kieferknochen. In der geräumigen Alveole die in schräger Richtung getroffene apicale Partie eines kleinen Zahnes. Vergrößerung 15:1.
- Fig. 7 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch einen Zahn, eine benachbarte Zahnbasis und den Kieferknochen. Vergrößerung 8,6:1.
- Fig. 8 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch einen in einer knöchernen Alveole steckenden Zahn. Vergrößerung 9:1.
- Fig. 9 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Teil eines Vertikalschliffes durch einen Zahn und den darunter befindlichen Kieferknochen. Vergrößerung 26,8:1.
- Fig. 10 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Schliff durch den Kiefer. In der Mitte ein junger Zahn quer getroffen. Die Zähne links und rechts davon sind schräg getroffen. Vergrößerung 12,29:1.
- Fig. 11 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Horizontalschliff durch drei Zähne und den benachbarten Kieferknochen. Der mittlere Zahn, von dessen Wandung sich nur ein Teil erhalten hat, stellt ein junges Stadium dar; links und rechts davon ältere Stadien. Vergrößerung 11,25:1.
- Fig. 12 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Horizontalschliff durch drei Zahnbasen. Vergrößerung 9,6:1.
- Fig. 13 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff durch ein Zahnfragment. Aus dem Verlaufe der Anwachsstreifen im Dentin geht hervor, wie sich mit der fortschreitenden Verengung der Pulpahöhle ihre Form ändert. Vergrößerung 38,5:1.
- Fig. 14 *Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst. Kieferknochen, Zahnreihen, horizontal getroffene massive apicale Partien fertig gebildeter Zähne und zerquetschte dünnwandige basale Partien von Ersatzzähnen. Vergrößerung 23,4:1.
- Fig. 15 Dentale eines grossen, nicht zur Gattung *Mixosaurus* gehörigen Ichthyosauriers. Grenzbitumenhorizont der anisischen Stufe der Trias. Cava Tre Fontane, Tessin. Ansicht von der lingualen Seite. Vergr. 1,6:1.
- Fig. 16 Nicht zur Gattung *Mixosaurus* gehöriger Ichthyosaurier aus dem Grenzbitumenhorizont der anisischen Stufe der Trias, Cava Tre Fontane, Monte S. Giorgio, Kt. Tessin. Teil eines Vertikalschliffes durch eine Zahnbasis und den angrenzenden Kieferknochen. Vergrößerung 41,2:1.
- Fig. 17 Nicht zur Gattung *Mixosaurus* gehöriger Ichthyosaurier aus dem Grenzbitumenhorizont der anisischen Stufe der Trias, Cava Tre Fontane, Monte S. Giorgio, Kt. Tessin. Teil eines Vertikalschliffes durch eine Zahnbasis. Die Aufspaltung des Dentins in einzelne Lamellen weist auf Faltung. Vergrößerung 19:1.
- Fig. 18 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliff durch einen Teil der Zahnbasis. Im Bilde rechts unten ein Teil des von dem gefalteten Dentin umschlossenen, von Substantia ossea erfüllten Binnenraumes, links oben Substantia ossea, die dem Dentin von aussen aufgelagert ist. Das Dentin bildet in diesem Niveau keinen völlig geschlossenen Wall, sondern äussere und innere Substantia ossea gelangen stellenweise zur Vereinigung. Vergrößerung 22,5:1.
- Fig. 19 *Ichthyosaurus* sp. Vertikalschliff durch einen Zahn. Zertrümmerung der Zahnbasis durch Schichtdruck. Vergrößerung 9:1.
- Fig. 20 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliffe, rechts durch die ungefaltete apicale Partie, links durch die obere Partie einer Zahnbasis, in der die Dentinfaltung beginnt. Vergrößerung 11,25:1.
- Fig. 21 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliff durch eine in Rückbildung begriffene Zahnbasis. Vergrößerung 11,25:1.
- Fig. 22 *Ichthyosaurus* sp. Schrägschliff durch einen Zahn. In der Bildpartie rechts ist die Pulpahöhle schon von Substantia ossea erfüllt, in der Bildpartie links, die einem höheren Niveau entspricht, noch frei davon. Vergrößerung 11,25:1.

A. BESMER, Gebiss der Ichthyosaurier (Triasfauna XVI)



Jul. Aichinger, phot.



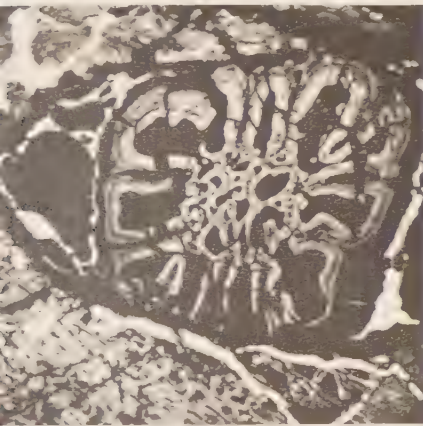
18



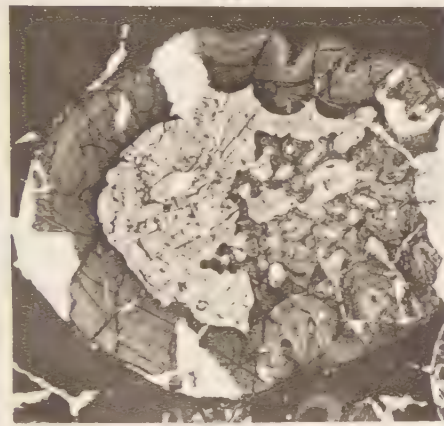
19



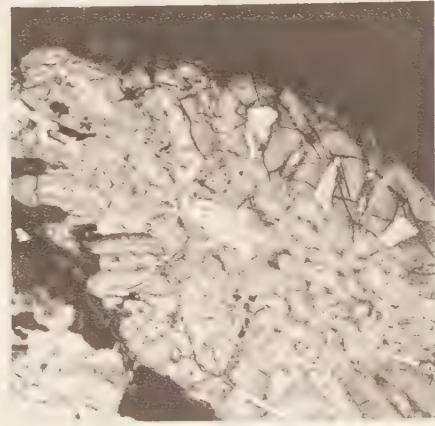
20



21



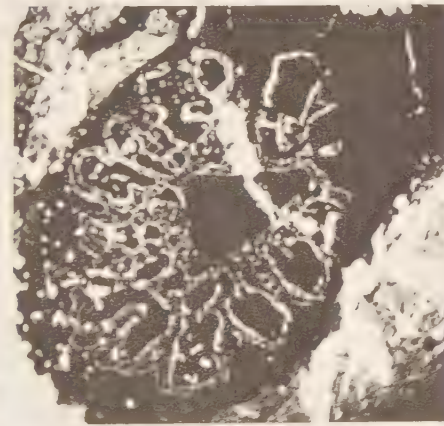
22



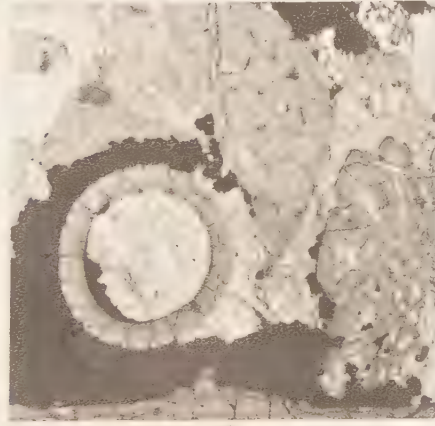
23



24



25



26



27



28



29

- Fig. 23 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliff durch eine Zahnbasis. Der Dentinmantel ist an den eingefalteten Stellen durchbrochen; äussere und innere Substantia ossea gelangen zur Vereinigung. Vergrösserung 10:1.
- Fig. 24 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliffe durch einen Ersatzzahn mit weiter Pulpahöhle und, im Bilde links davon, durch die Basis eines ausgebildeten Zahnes. Das dreieckige Gebilde darüber ist der quer getroffene basalste Teil einer in Abbau begriffenen Zahnbasis. Vergrösserung 14,4:1.
- Fig. 25 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliff durch eine in Rückbildung begriffene Zahnbasis. Vergrösserung 13,8:1.
- Fig. 26 *Ichthyosaurus* sp. Horizontalschliff durch eine Zahnbasis, deren konkaver lingualer Seite (im Bilde unten) ein Ersatzzahn mit weiter Pulpahöhle von kreisrundem Querschnitt anliegt. Vergrösserung 8,3:1.
- Fig. 27 *Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst. Horizontalschliffe durch die apikale Partie dreier Zähne. Vergrösserung 12,9:1.
- Fig. 28 *Ichthyosaurus* sp. In der Bildmitte der ringförmige Querschliff eines Ersatzzahn, labial (im Bilde links) davon die korrodierte Basis des zugehörigen funktionierenden Zahnes, unten ein Querschliff durch die ungefaltete obere Dentinpartie eines ausgebildeten Zahnes. Vergrösserung 11,25:1.
- Fig. 29 *Ichthyosaurus* sp. Schrägschliff durch einen Ersatzzahn. Vergrösserung 12,3:1.

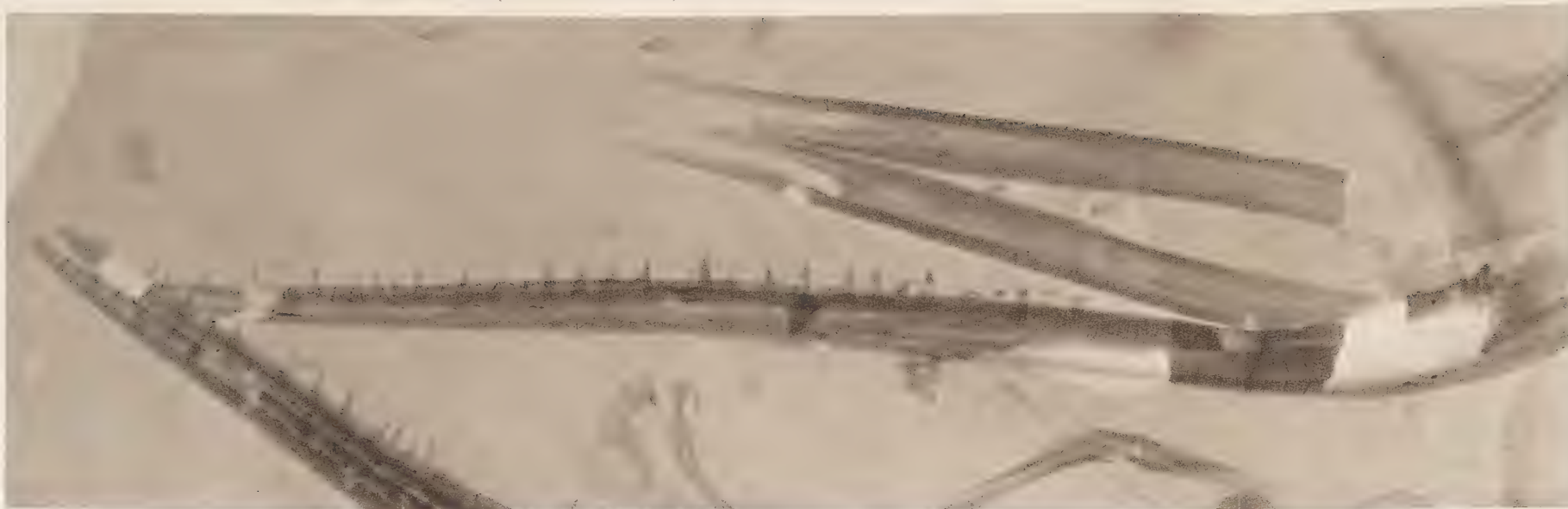
Das gesamte abgebildete Material befindet sich im Zoologischen Museum der Universität Zürich. Die Originale zu den Abbildungen Fig. 1—13 (*Mixosaurus cornalianus* Bass. sp.) und Fig. 15 (nicht zur Gattung *Mixosaurus* gehöriger Ichthyosaurier) stammen aus dem Grenzbitumenhorizont der anisischen Stufe der Trias des Monte San Giorgio, Kt. Tessin, Schweiz; die Originale zu den Abbildungen Fig. 14 und 27 (*Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst.), sowie zu Fig. 18—26, 28 und 29 (*Ichthyosaurus* sp.) aus dem Lias ε von Holzmaden, Württemberg.

Tafel 78.

- Fig. 1 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Unterkieferfragment. Röntgenaufnahme, angefertigt im Röntgeninstitut des Zürcher Kantonsspitals, Dir. Prof. Dr. H. R. SCHINZ.
- Fig. 2 Dentale eines grossen, nicht zur Gattung *Mixosaurus* gehörigen Ichthyosauriers. Grenzbitumenhorizont der anisichen Stufe der Trias, Cava Tre Fontane, Kt. Tessin, Schweiz. Röntgenaufnahme, angefertigt im Röntgeninstitut des Zürcher Kantonsspitals, Dir. Prof. Dr. H. R. SCHINZ.
- Fig. 3 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Ober- und Unterkiefer. Röntgenaufnahme, angefertigt im Röntgeninstitut des Zürcher Kantonsspitals, Dir. Prof. Dr. H. R. SCHINZ.
- Fig. 4 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 1; vgl. Textfigur 8. Quer getroffene Spitze von Zahn II. Das Innere ist vollständig von massivem Dentin erfüllt, das von einer Schmelzschicht umgeben wird. Vergrösserung 16:1.
- Fig. 5 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 3; vgl. Textfigur 8. Ausschnitt aus einem Querschliff durch Zahn I. An den eingefalteten Stellen des Dentinmantels sind die den Zahn von aussen bedeckende Substantia ossea und die das Zahninnere erfüllende Substantia ossea zur Vereinigung gelangt. Vergr. 14:1.
- Fig. 6 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 3; vgl. Textfigur 8. Querschliff durch die obere Partie von Zahn III, zeigt die ovale Pulpahöhle, die mächtige Dentinschicht und die Schmelzbedeckung. Vergrösserung 12,6:1.
- Fig. 7 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 4; vgl. Textfigur 8. Querschliff durch Zahn III; beginnende Divertikelbildung der Pulpahöhle. Vergrösserung 10,3:1.
- Fig. 8 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 4; vgl. Textfigur 8. Teil des Querschliffes durch Zahn I, nahe der Basis. Das Zahninnere von Substantia ossea erfüllt, die den Zahn auch von aussen umkleidet. Vergrösserung 15:1.
- Fig. 9 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 6; vgl. Textfigur 8. Teil des Querschliffes durch Zahn II, oberer Teil der Basis. Der Dentinwall ist in diesem Niveau noch nahezu intakt, die Ausfüllung des Zahninnern durch Substantia ossea unvollständig. Vergrösserung 11,25:1.
- Fig. 10 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 6; vgl. Textfigur 8. Lingual von der eingebuchteten Basis von Zahn I ist die Spitze eines Ersatzzahnes quer getroffen. Die kräftige Schmelzbedeckung weist drei vorspringende Kanten auf, an deren Bildung nur der Schmelz, nicht aber das unterliegende Dentin teilnimmt. Vergrösserung 16,1:1.
- Fig. 11 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 7; vgl. Textfigur 8. Der Querschliff des Ersatzzahnes zeigt eine weite Pulpahöhle. Die vorspringenden Rippen des Schmelzes sind nur noch schwach angedeutet. Vergrösserung 15,7:1.
- Fig. 12 *Ichthyosaurus acutirostris*. Ausschnitt aus Schliff 8; vgl. Textfigur 8. In dem, verglichen mit Abbildung 11 tieferen Niveau zeigt der Querschliff des Ersatzzahnes bei grösserem Gesamtdurchmesser und grösserer Pulpaweite geringere Stärke der Wandung. Die beginnende Faltung des Dentines ist nur an einer Stelle schwach angedeutet. Vergrösserung 16,2:1.
- Fig. 13 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschliff. Partie aus dem Abbildung 4 wiedergegebenen Schliff bei stärkerer Vergrösserung. An der Rippung der Oberfläche ist lediglich der Schmelz beteiligt; die Dentin-Schmelzgrenze verläuft in flachem Bogen. Vergrösserung 85,5:1.
- Fig. 14 *Mixosaurus cornalianus* Bass. sp. Vertikalschnitt durch zwei Zähne. Übersichtsbild. Vergrösserung 18:1.

Das gesamte abgebildete Material befindet sich im Zoologischen Museum der Universität Zürich. Die Originale zu den Abbildungen Fig. 1, 3, 13 und 14 (*Mixosaurus cornalianus* Bass. sp.) sowie zu Fig. 2 (nicht zur Gattung *Mixosaurus* gehöriger Ichthyosaurier) stammen aus dem Grenzbitumenhorizont der anisichen Stufe der Trias des Monte San Giorgio, Kt. Tessin, Schweiz; die Originale zu den Abbildungen 4—12 (*Ichthyosaurus acutirostris* Owen) aus dem Lias ϵ von Holzmaden, Württemberg.

A. BESMER, Gebiss der Ichthyosaurier (Triasfauna XVI)



1



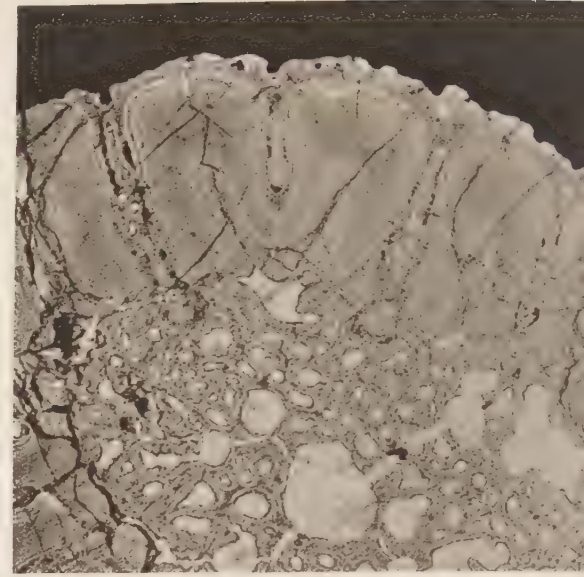
2



3



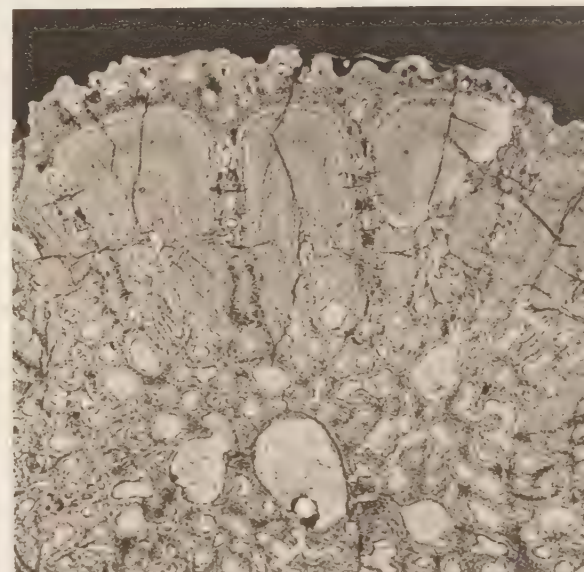
4



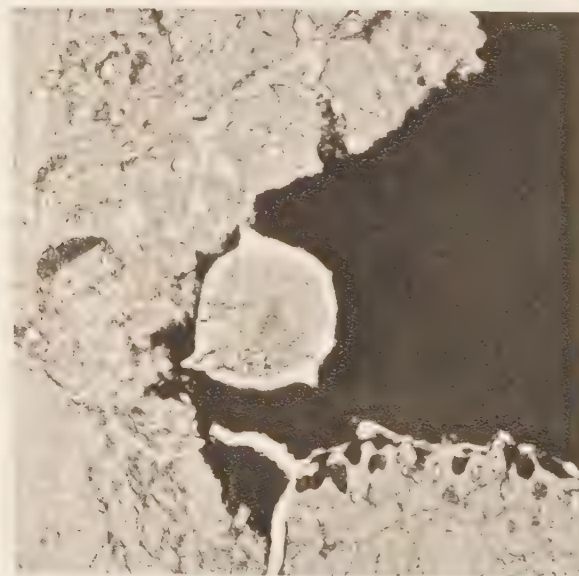
5



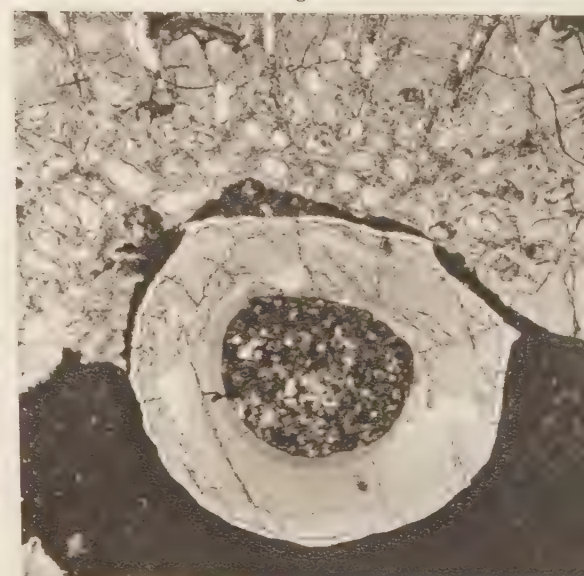
7



8



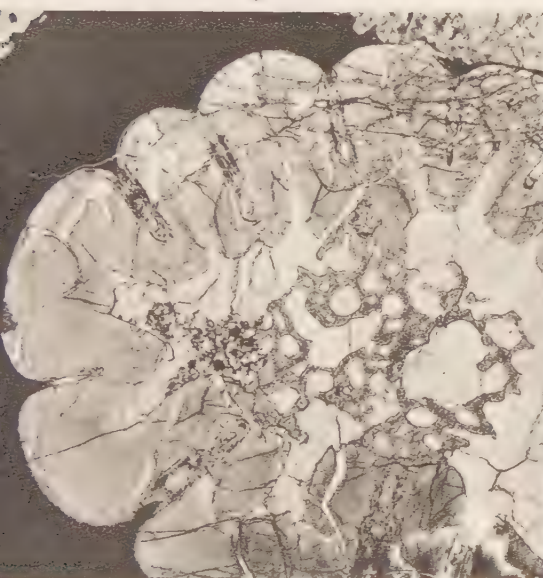
10



11



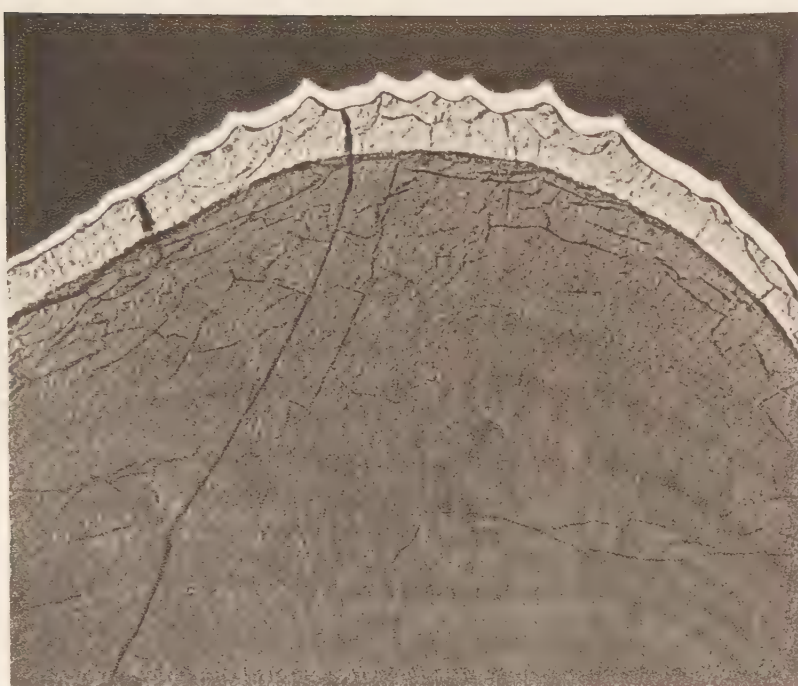
6



9



12



13



14

